

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

Protección de la barranca y paseo público en el club de pesca Gral. Bartolomé Mitre en la ciudad de Rosario, Argentina

ESTUDIANTES

BAUDRACCO FAUSTO (B-6061-/5)

FERRONI NAHUEL (F-3561/1)

RICCARDI AGUSTÍN (R-4255/2)

DIRECTORES:

ING. CLAUDIA FORESTIERI

ING. ANDRÉS HAZAN

ARQ. CRISTINA CERVERA

ASESORES:

MSC. ING. NICOLÁS BOLCATTO

DR. ING. PEDRO BASILE

DR. ING. GERARDO RICCARDI

TITULAR DE CÁTEDRA: ING. RAÚL NAVARRO

Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de

Ingeniero Civil

Agosto de 2024

ÍNDICE

1. Introducción y objetivos	3
1.1. Introducción	3
1.1. Objetivos	4
1.2. Emplazamiento del proyecto	5
1.3. Evolución Histórica y Transformaciones del Entorno Costero	7
1.4. Recopilación de antecedentes	12
1.5. Análisis de causas del desmoronamiento.....	13
1.5.1. Punto de vista de la geotecnia	13
1.5.2. Punto de vista de la hidráulica.....	17
2. Propuesta a desarrollar	19
2.1. Rehabilitación de la zona desmoronada en el club Mitre	19
2.2. Paseo público en el Río Paraná	22
2.2.1. Pasarela.....	22
2.2.2. Diseño de escalera de acceso a la pasarela	24
3. Identificación de Objetivos de Desarrollo Sostenible	25
4. Memoria de cálculo	28
4.1. Relleno y contención sobre el club Mitre	29
4.1.1. Reconstrucción del perfil transversal del lecho del río	29
4.1.2. Cálculo de Geotubos.....	31
4.1.3. Dimensionamiento de los bloques de hormigón con geotextil	32
4.1.4. Verificaciones.....	34
4.2. Pasarela.....	40
4.2.1. Tablero de la pasarela.....	41
4.2.2. Vigas metálicas de la pasarela.....	43
4.2.3. Cabezales	46
4.2.4. Pilotes	48
5. Conclusiones y recomendaciones	59
6. Bibliografía	61
7. Planos	62
8. Anexos	63
8.1. Anexo 1 – Información básica recopilada	63

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

8.1.1.	Obtención de niveles máximos y mínimos del pelo de agua.....	63
8.1.2.	Datos topobatimétricos.....	64
8.2.	Anexo 2 – Cálculos hidráulicos	65
8.2.1.	Estudio de la dinámica fluvial	65
8.3.	Anexo 3 – Cálculos estructurales	76
8.3.1.	Pasarela.....	76
8.3.2.	Dimensionamiento de vigas metálicas	79
8.3.3.	Dimensionamiento de cabezales.....	80
8.4.	Anexo 4 – Cálculos geotécnicos	82

1. Introducción y objetivos

1.1. Introducción

El sitio de intervención del presente proyecto se ubica en la zona costera comprendida en el Club de Pesca Gral. Bartolomé Mitre en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina).

El proyecto se enmarca dentro de los esfuerzos por revitalizar y preservar el entorno costero de la ciudad de Rosario. El objetivo principal es no sólo mitigar los efectos que han causado las acciones del río sobre la barranca, sino también ofrecer a la comunidad un espacio recreativo de calidad que promueva el bienestar y el esparcimiento, recuperando sectores desmoronados en la zona del club de pesca Gral. Bartolomé Mitre. Adicionalmente, se incorporarán otros espacios públicos para el aprovechamiento de toda la comunidad.

La ciudad de rosario se encuentra situada estratégicamente a orillas del río Paraná, ha sido durante siglos un enclave vital para el comercio y la navegación en el corazón de Argentina. En el apogeo de la actividad portuaria a finales del siglo XIX y principios del XX, estas costas contaban con una importante actividad de los barcos mercantes y los muelles repletos de cargamentos que fluían hacia y desde los principales centros urbanos del país.

Sin embargo, a medida que avanzaba el siglo XX, los cambios en las prácticas comerciales y el desarrollo de nuevas tecnologías de transporte comenzaron a afectar la relevancia de los puertos fluviales. Según el informe “Hacia una nueva historia del puerto de Rosario y el desarrollo regional. Renovación historiográfica y aporte interdisciplinar”¹:

“Desde mediados del siglo XIX y hasta 1937 la dinámica del puerto había girado en una misma dirección, insertando cada vez más a la región en el sistema capitalista mundial, hasta que la convulsión provocada por la Segunda Guerra Mundial, tanto en el comercio internacional como en la comercialización agrícola regional, presentó el desalentador panorama de los muelles vacíos y una actividad reducida a la mínima expresión. Rosario perdió su posición de principal puerto exportador de cereales del país en 1939 conociendo así el final de su “época de esplendor”.

¹ Miguel Ángel De Marco, Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CONICET), Unidad IDEHESI-Nodo IH.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Como menciona el informe, para mediados del siglo XX, la actividad portuaria en Rosario había disminuido significativamente, y muchos de los antiguos muelles y almacenes quedaron abandonados y en desuso. La estructura general del puerto se basaba en rellenos del valle aluvial del río y construcciones de madera como muelles fundados sobre pilotes, almacenes, etc. Con el avance de las décadas, estas estructuras envejecidas y carentes de mantenimiento se volvieron cada vez más propensas a sufrir daños, y los desmoronamientos se convirtieron en una amenaza latente para la seguridad y el bienestar de la comunidad. Esto marcó un patrón de deterioro en la zona costera de la ciudad, y se vio agravado por una serie de factores, incluidos los cambios en el curso del río y las fluctuaciones en el nivel del mismo. A medida que Rosario se alejaba de su pasado como un próspero centro portuario, la ciudad enfrentaba nuevos desafíos relacionados con la preservación y revitalización de sus áreas costeras.

En 2020, en el marco de una bajante histórica, se dio el desmoronamiento de la barranca en una zona del Club Mitre, que fue solo un ejemplo de los muchos casos que enfrentaba la ciudad en términos de erosión y degradación ambiental en toda su zona costa.

1.1. Objetivos

El proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Rehabilitar la zona de barrancas sobre el río Paraná del club Mitre que fue desmoronada.
- Diseñar un paseo público que va desde el muelle del Club Mitre hasta la explanada del Parque España.

Las obras no sólo le devolverán un sector perdido al club, sino que también proporcionarán un espacio de recreación y esparcimiento para toda la comunidad de Rosario.

Asimismo, el enfoque integral abarcará ambos puntos mencionados con soluciones que involucrarán distintas áreas de la ingeniería civil y con criterios sostenibles.

Para la rehabilitación de la barranca se utilizarán materiales y técnicas de construcción amigables con el medioambiente, incorporando elementos de paisajismo que promuevan la biodiversidad y la conservación del entorno natural.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Con este enfoque integral y sostenible, se busca restaurar la funcionalidad y los espacios recreativos del área costera, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de Rosario y al bienestar de sus habitantes.

Este proyecto se compatibiliza con obras proyectadas y/o en evaluación de las Secretarías de Obras Públicas y de Planeamiento de la Municipalidad de Rosario relacionadas con los desmoronamientos producidos en la zona del Parque España, lindero al sector de intervención.

1.2. Emplazamiento del proyecto

En la presente sección, se incluirán imágenes satelitales que muestran la ubicación del club de pesca General Bartolomé Mitre y su entorno, proporcionando una perspectiva visual clara del área de intervención para el desarrollo del proyecto. La dirección del club es Emilio O. Schiffner 1410. Según lo conversado con empleados del club, éste cuenta con alrededor de 500 socios y tiene capacidad para unas 700 personas.



Ilustración 1.2-1. Ubicación general.

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi

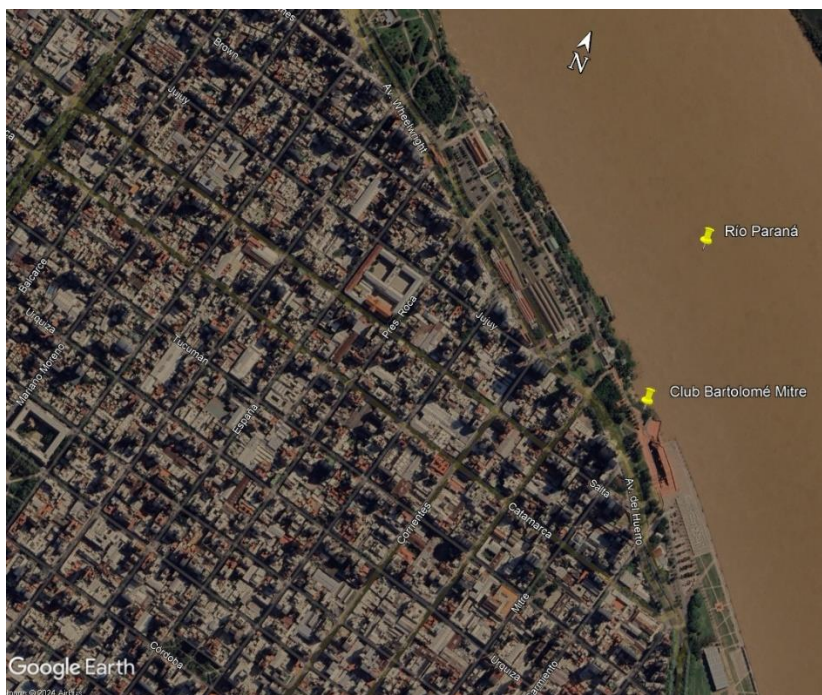


Ilustración 1.2-2 Ubicación ampliada.

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth.



Ilustración 1.2-3 Ubicación del club.

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Evolución Histórica y Transformaciones del Entorno Costero

En este apartado, se realizará un análisis de las transformaciones que ha experimentado el paisaje costero del Club de Pesca General Bartolomé Mitre y sus alrededores en Rosario. Con un enfoque especial en los acontecimientos ocurridos en los años anteriores y posteriores al 2020, marcado por el significativo deslizamiento de la zona, se examinará detenidamente cómo este entorno ha evolucionado a lo largo del tiempo, a través de imágenes extraídas de Google Earth.

En la siguiente imagen, se muestra la situación del club en el año 2018 con un nivel bajo del río. A la izquierda, se puede ver el muelle de pesca que hoy en día utilizan los socios del club para realizar dicha actividad, en el centro de la imagen, se ven pilotes de madera y una losa de hormigón que eran parte del viejo puerto. A la derecha, el anfiteatro del parque España.



Ilustración 1.3-1. Situación del club en 2018.

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth.

A continuación, se estudiará el deslizamiento que se produjo el día 24 de abril del año 2020. Se detectó una imponente grieta a lo largo de la zona que en la imagen anterior se demarcó como zona desmoronada del club. Se presenta una ilustración extraída del diario La Capital que muestra lo recién mencionado.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi



Ilustración 1.3-2. Importante grieta en zona de baños del club.

Fuente: diario La Capital.

Al día siguiente, el sector de la grieta previamente mostrada colapsó alrededor del mediodía, como se puede visualizar en la siguiente imagen, también extraída del diario La Capital.



Ilustración 1.3-3. Situación posterior al deslizamiento.

Fuente: Diario La Capital.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi

De modo de ubicarse mejor en la zona de deslizamiento, se muestra una imagen satelital previo a dicho suceso. La imagen corresponde a mayo de 2021, ya que de las imágenes posteriores al evento suministradas por Google Earth, es la que mejor definición tiene.



Ilustración 1.3-4. Imagen aérea posterior al deslizamiento (mayo 2021).

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth.

Por último, se muestra la situación actual, en donde se podrá ver como el desmoronamiento de la zona mostrada sigue avanzando. Las siguientes imágenes las obtuvimos con un dron en una de las visitas que hicimos al lugar.



Ilustración 1.3-5. Situación actual zona deslizada vista desde el río Paraná.

Fuente: Elaboración propia.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Para tener una mayor precisión sobre los sectores de los que se está hablando, en la siguiente ilustración se presenta un acercamiento a la zona desmoronada, donde se indican los sitios aproximados donde se tomaron cada una de las fotografías presentadas anteriormente. La cruz representa el lugar y la flecha hacia dónde se orienta la foto. Así:

- Número 1 (color celeste) corresponde a la *Ilustración 1.3-2. Importante grieta en zona de baños del club.*
- Número 2 (color rojo) corresponde a la *Ilustración 1.3-3. Situación posterior al deslizamiento.*
- Número 3 (color amarillo) corresponde a la *ilustración Ilustración 1.3-5. Situación actual zona deslizada vista desde el río Paraná.*

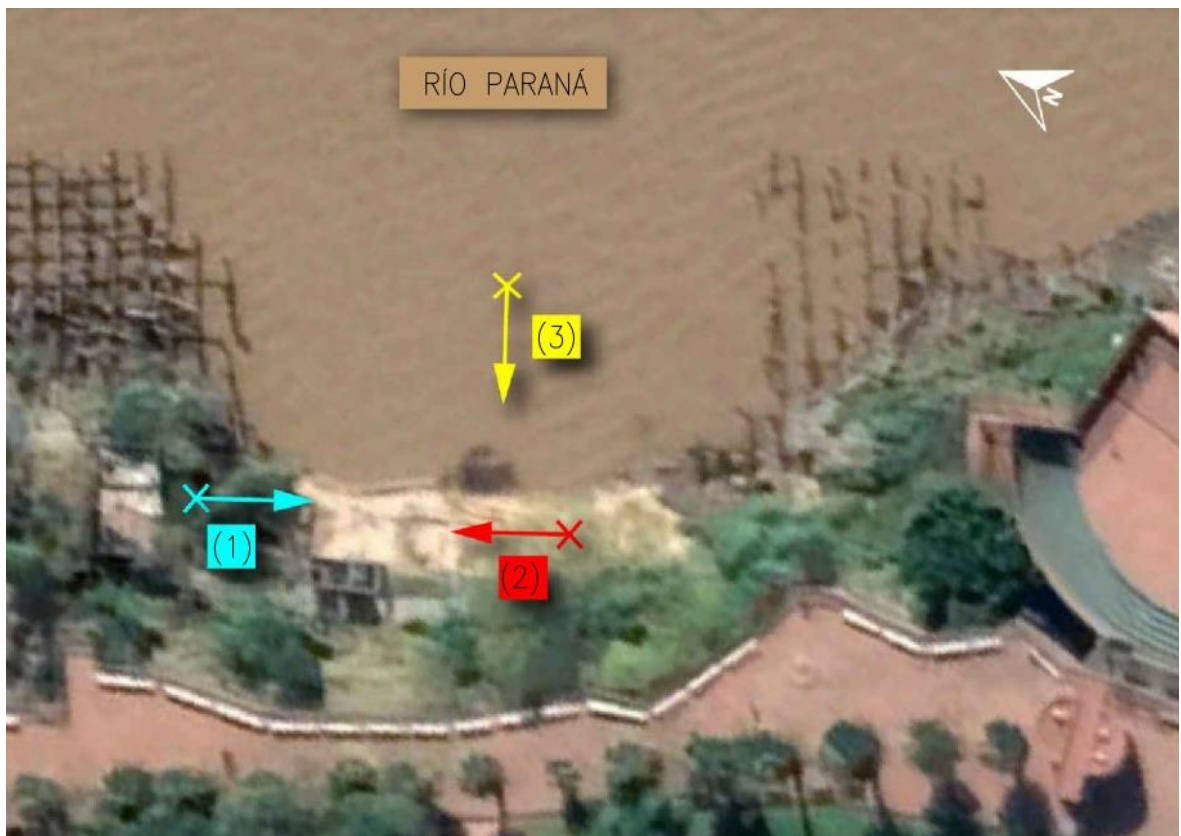


Ilustración 1.3-6 Ubicación de imágenes mostradas anteriormente en planta.

Fuente: Elaboración propia en base a imágenes satelitales de Google Earth.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi



Ilustración 1.3-7. Situación actual vista desde la parte clausurada del club. Imagen propia.

En la Ilustraciones 6 y 7 se puede ver una estructura desmoronada sobre el agua, esto sucedió a causa de otro deslizamiento en el año 2022, que avanzó más aún sobre el club. En total, se perdieron unos 20 metros de ancho en esa zona.

En la *Ilustración 1.2-1*, se ve una imagen ampliada con la construcción mencionada, y a su derecha un quincho que se había inaugurado un año antes del derrumbe de 2020, pero con este evento quedó casi descalzado y, por ende, inhabilitado.

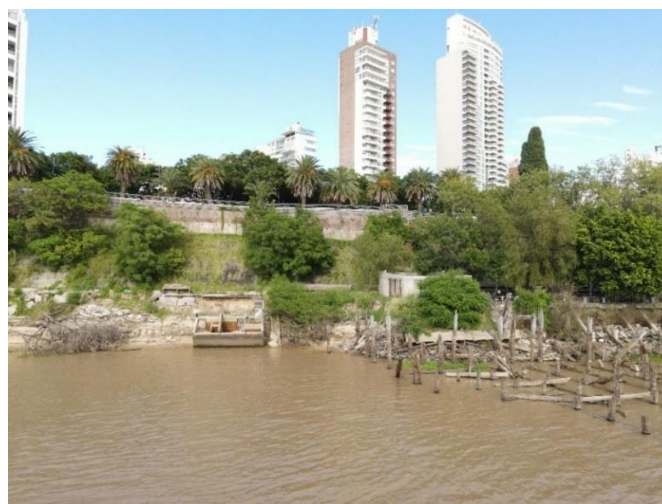


Ilustración 1.3-8. Imagen propia ampliada de la situación actual de la zona deslizada.



Ilustración 1.3-9. Quincho clausurado. Imagen propia.

1.4. Recopilación de antecedentes

Para realizar este proyecto se compilaron los datos que se mencionan a continuación pero que se detallan de forma completa en el anexo:

- Estudio de suelos: INCO CIV, Torres y Vercelli.
- Relevamiento topo-batimétrico: INCO CIV, Torres y Vercelli y Departamento de Hidráulica UNR.
- Datos hidrológicos: caudales máximos y niveles máximos y mínimos: Departamento de Hidráulica UNR.
- Obras ejecutadas: “Reconstrucción del muelle del Parque España y obras complementarias – Municipalidad de Rosario – Provincia de Santa Fe” – Financiación: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Obra licitada en el año 2006.
- Proyectos en evaluación de la Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad de Rosario en correspondencia con los desmoronamientos en toda la zona.
- Informes.
- Recopilación de noticias en portales digitales.

Los estudios de suelo mencionados fueron realizados a causa de los desmoronamientos en toda la zona, que se detallaron previamente. Dicha información pertenece a la Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad de Rosario, quién nos autorizó su uso.

1.5. Análisis de causas del desmoronamiento

En esta sección, se abordarán las posibles causas del desmoronamiento ocurrido en el área del Club de Pesca General Bartolomé Mitre desde una perspectiva multidisciplinaria. Se examinarán detalladamente los resultados de los estudios realizados por el estudio de suelos Torres y Vercelli (de aquí en adelante TyV), bajo la supervisión de Msc. Ing. Nicolás Bolcatto, asesor de nuestro proyecto. Asimismo, se analizarán las teorías propuestas por los Dr. Ing. Gerardo Riccardi y Pedro Basile, desde una óptica hidrológica. Este enfoque integral permitirá comprender las diversas variables que contribuyeron al deslizamiento del terreno y guiará nuestras acciones para prevenir futuros incidentes, así como también ayudará a la toma de decisiones en las distintas aristas del presente proyecto. Las conclusiones y las decisiones tomadas en consecuencia se enmarcan en el carácter académico de un trabajo final de grado.

1.5.1. Punto de vista de la geotecnia

Como se mencionó previamente, se cuenta con un informe realizado por el estudio de suelos Torres y Vercelli para la Municipalidad de Rosario en el año 2021. La municipalidad lo contrató luego de los desmoronamientos que sufrió la zona.

La información detallada que arrojó el informe del estudio de suelos se puede consultar en el Anexo 8.4. En este apartado, sólo se destacarán algunas conclusiones y recomendaciones para la rehabilitación de la barranca.

Según lo analizado con el Msc. Ing. Nicolás Bolcatto, los deslizamientos que se dieron en el sector de estudio fueron por causa de la bajante histórica del río y de procesos erosivos. Una bajante en un río puede afectar las condiciones del suelo adyacente de varias maneras, incluida la reducción de la presión de agua como carga externa equilibrante y la pérdida de humedad interna y de presión de poros, lo que puede contribuir al deslizamiento de suelo. La presión de agua actúa como sustento del suelo, por lo tanto, cuando el nivel de agua disminuye en una cantidad importante, se pueden causar deslizamientos.

En el informe se realiza un análisis de la magnitud de la bajante que explica el desmoronamiento:

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*

Baudracco, Ferroni, Riccardi

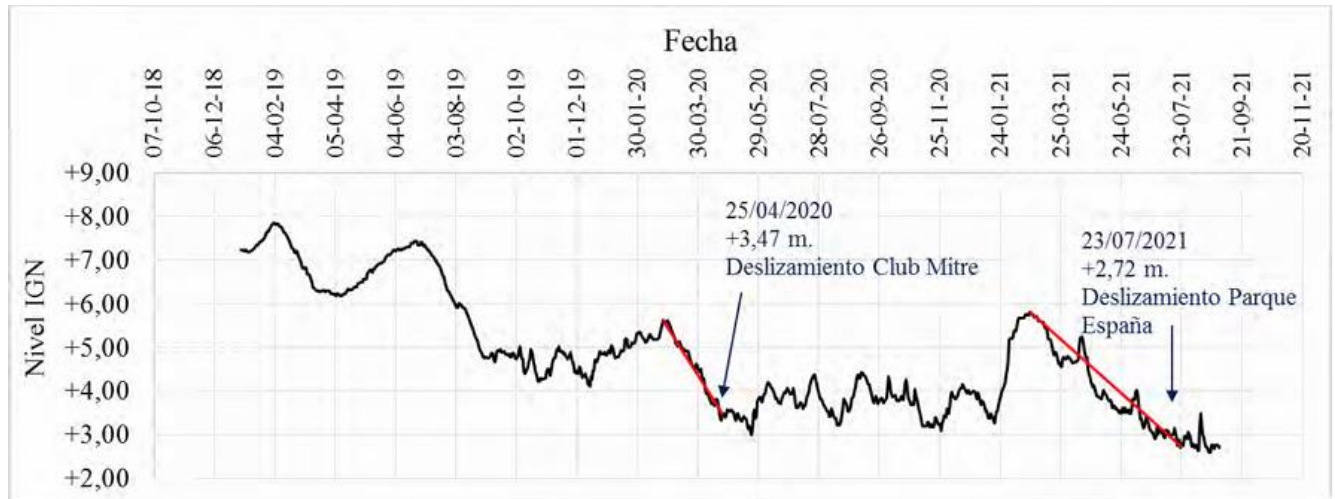


Gráfico 1.5-1. Bajante sostenida y eventos de deslizamientos observados.

Fuente: Estudio de suelos de TyV.

- “Se verifica la heterogeneidad del relleno no controlado perteneciente a las antiguas estructuras portuarias presentes en el sector, conformado por una mezcla de suelos finos, arena y escombros de distinta naturaleza y de espesor variable. El espesor de relleno aumenta al acercarse al río”.
- “La bajante producida entre febrero y abril de 2020 (previa al deslizamiento en el Club Mitre) se produjo de forma sostenida durante un período de aproximadamente de 60 días, con un descenso promedio diario de 3,5 cm. Al final de este período el nivel del río se ubicaba en ese momento en cota +3,47 m”.
- “La bajante producida entre febrero y julio de 2020 (previa al deslizamiento en el Parque España) se produjo de forma sostenida durante un período de aproximadamente 150 días, con un descenso promedio diario 2 cm. Al final de este período el nivel del río se ubicaba en cota +2,72 m. Este sector no había deslizado cuando el nivel del río alcanzó una cota levemente superior (+3,00 m.) a fines de mayo de 2020”.
- “Los eventos de deslizamiento se encuentran bien correlacionados con esta tendencia, en la cual se produce un descenso sostenido del nivel del río, sin períodos en los que el nivel se mantenga en un nivel más o menos constante”.
- “Entre julio y septiembre de 2019 se produjo una bajante sostenida de entre 2 y 3 meses, donde el nivel se redujo de aproximadamente +7,50 m. a aproximadamente +4,80 m. Sin embargo, no

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*

Baudracco, Ferroni, Riccardi

se produjo ningún evento como consecuencia de esta bajante, posible mente debido a que el nivel del río no era lo suficientemente bajo como para motivar un deslizamiento en este sector”.

- *“Como consecuencia, se concluye que los deslizamientos en la zona analizada presentan una fuerte correlación con escenarios de bajante sostenida que producen niveles de río por debajo de aproximadamente cota +3,50 m., es decir cuando el nivel en el hidrómetro del puerto de Rosario desciende por debajo de 0,60 m”.*

Este informe fue realizado principalmente para la zona del parque España, pero además se hizo una perforación en la zona del club para estudiar la situación en ese momento. Aquí no fue posible hacer un análisis previo al desmoronamiento, ya que, entre este suceso y el relevamiento, se ha producido erosión y deposición en forma significativa.

El estudio de la situación del club en el año 2020 arrojó los siguientes resultados:

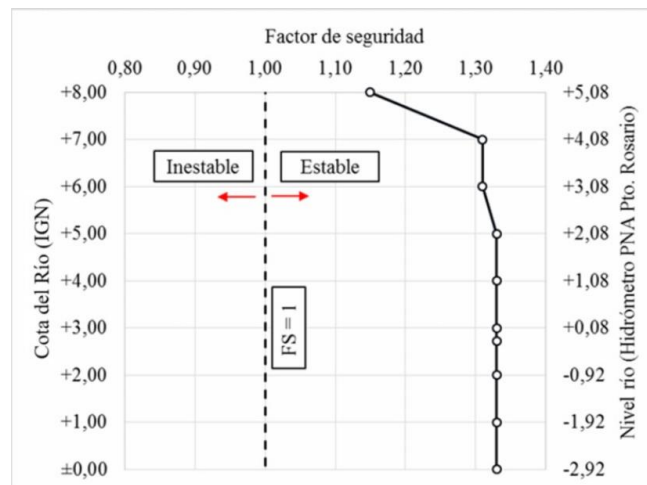


Gráfico 1.5-2 Factor de seguridad vs. Nivel del río para la situación actual (Perfil 3).

Fuente: Estudio de suelos de TyV.

En el gráfico anterior, se puede ver que para cotas de río entre -2,92 m IGN y +4,00 m IGN, el factor de seguridad es 1,30. Por lo tanto, la barranca en ese sector es estable.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

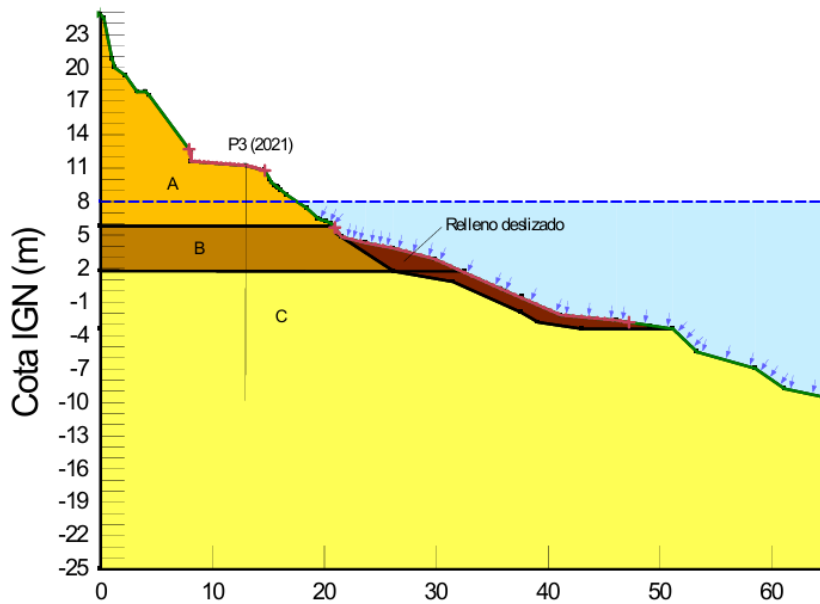


Gráfico 1.5-3 Estratigrafía aproximada adoptada para el Perfil 3.

Fuente: Estudio de suelos de TyV.

En el gráfico anterior, se puede ver cómo el relleno que estaba presente en las zonas del club, sufrió deslizamientos y se depositó al pie del talud.

Tabla 1.5-1 Parámetros geotécnicos estimados.

Perf.	Estrato	Entre cotas (m.)	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ' (°)
P3	A	+10,50 y +5,80	19,00	1	34
	B	+5,80 y +1,80	19,00	10	31
	C	+1,80 y -9,43	20,00	1	35

“Para este perfil, se realizó un análisis aproximado teniendo como hipótesis que no existen arcillas blandas en el pie del talud, lo cual debe ser verificado a futuro. En esta zona se verifica una situación más estable y menos dependiente del nivel del río, dada la naturaleza del relleno y la menor pendiente

de talud. Esta zona, sin embargo, está sometida a un proceso continuo de erosión que puede generar retrocesos del frente del talud ante procesos alternativos de creciente y bajante”.

1.5.2. Punto de vista de la hidráulica

En este apartado, se cuenta con un informe del año 2020 en el cual los Dr. Ing. Pedro Basile y Dr. Ing. Gerardo Riccardi responden preguntas al desmoronamiento que se dio en la zona del club Mitre: *“RESPUESTAS A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN Y CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LA INESTABILIDAD DE LA MARGEN DERECHA DEL RIO PARANA EN LA ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE ROSARIO”.*

Los ingenieros afirman:

“En el caso específico del colapso de la barranca del río Paraná en inmediaciones del Club Mitre, se pueden realizar las siguientes consideraciones para explicar el proceso desencadenante:

En primer lugar, dada la altura de la barranca en dicha zona y las variaciones de los niveles del río, la presión hidrostática de confinamiento actúa sobre una porción muy pequeña de la altura total de la barranca. Es decir, una disminución inclusive importante del nivel del río no implica una disminución sustancial del factor de seguridad por sustracción de la presión de confinamiento; tal como ha sido mencionado en algunos artículos publicados recientemente. Sin embargo, una disminución importante de los niveles del río (como la que se observa actualmente) puede aumentar el flujo desde la napa adyacente al cauce, ya que aumenta el gradiente hidráulico transversal. Dependiendo del perfil estratigráfico del suelo de la barranca, se pueden producir velocidades tales de ocasionar la erosión de la barranca por tubificación a la altura del nivel mínimo del río (sector inferior de la barranca), lo cual la dejaría sin soporte en la base y ocasionaría el colapso por ménsula al quedar un gran bloque de barranca prácticamente suspendido. Esta es una hipótesis plausible, la cual obviamente debe ser evaluada (entre otras) a partir de información detallada en la zona del derrumbe como, por ejemplo, las características geotécnicas del suelo de la barranca, grado de humedad, el relevamiento del nivel freático, el relevamiento topo-batimétrico del sector, las características de los sedimentos del cauce del río, la hidrodinámica y morfodinámica del río en esa zona y la dinámica de la interacción del río con la napa freática adyacente. Se observa que en los días previos al colapso no se registraron lluvias (de hecho, en las fotos que han sido publicadas no se observa saturación de la parte superior de la barranca), por lo tanto, uno de los factores mencionados (que es muy importante), no parece que jugara

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

un rol significativo en este caso. Aunque la napa freática suele estar siempre presente en niveles más bajos, posiblemente también alimentada por las pérdidas del sistema de provisión de agua potable”.

Luego, mencionan que la lluvia también puede ser un condicionante del desmoronamiento:

“Las lluvias provocan el escurrimiento superficial sobre la zona, el cual puede producir erosión superficial, además, parte de la lluvia puede infiltrarse y producir la saturación de los niveles superiores del perfil de la barranca y, en función de la magnitud de la infiltración, ese perfil de saturación va descendiendo, produciendo la saturación en espesores importantes. Esta ocupación de los poros conectados del suelo por parte del agua infiltrada, produce un aumento del peso específico de bloque, lo cual aumenta la fuerza desestabilizante y eleva consecuentemente la inestabilidad (disminuye el factor de seguridad). Esto puede verse como una mayor probabilidad de que el bloque superior saturado se deslice (o rompa por corte) por un plano determinado de falla”.

Por último, se habla de otro posible deslizamiento:

Si, una situación de ese tipo se puede repetir. Por un lado, hay que señalar que los niveles de un río son variables en el tiempo y en el espacio, dependiendo de las lluvias en la cuenca; en el caso del Río Paraná, de las lluvias en la cuenca alta (Paraguay y Brasil). En este momento (año 2020) se verifica una bajante extraordinaria, aunque no de la magnitud de otras que ya han ocurrido en el pasado, en otro contexto del régimen hidrológico del río. Lo mismo sucede con las crecidas, es decir, existen crecidas ordinarias y extraordinarias. Esto explica justamente la variación de niveles que decíamos antes. Por otra parte, es necesario también dejar en claro la incorporación de la dimensión espacio-temporal en el análisis global. Una barranca en un determinado lugar que hoy es estable (verifica un factor de seguridad adecuado) al cabo de un cierto tiempo puede dejar de serlo, puesto que se pueden presentar procesos de erosiones de lecho, erosiones de pie de margen, incremento de los escurrimientos superficiales en días de lluvias e infiltración que saturan el bloque, tubificación debido a velocidades erosivas en el cuerpo de la barranca, deterioros de estructuras de refuerzo, etc., es decir, todos los factores que mencionábamos al principio. En este sentido, a los efectos de la prevención, es de mucha importancia el monitoreo sistemático y sostenido de todos estos factores, sobre todo en las zonas de mayor riesgo.

2. Propuesta a desarrollar

En este apartado, se explicará brevemente cada una de las aristas a tratar en este proyecto. Luego, en la memoria de cálculo se encontrará todo el desarrollo numérico. Por último, en los Anexos se encontrará la información restante que acompaña al cálculo (tablas, gráficas, imágenes, etc).

A continuación, se presenta un esquema del proyecto:



Ilustración 1.5-1 Esquema general del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Rehabilitación de la zona desmoronada en el club Mitre

La propuesta en el club consiste en intervenir de manera de generar un espacio verde que posibilite la rehabilitación del sector. De esta manera, se recompone un área de aproximadamente 1100 m² destinada a la implantación de mesas y parrilleros en una zona del club que hoy está inactiva.

Luego del análisis de alternativas y reuniones con especialistas en la rama geotécnica y en la rama hidráulica, se adoptó como solución realizar el relleno del área desmoronada con material refulado del lecho del río. Además, resulta conveniente colocar un geotextil no tejido, con una porosidad tal que resulte permeable pero retenga las partículas del relleno. Por último, colocar una protección superficial flexible que resguarde estos elementos frente a las inclemencias del entorno en el que se encuentran inmersos. Se optó por consultar a diversas marcas comerciales que presentan soluciones modernas y sustentables respecto a rellenos y protección de barrancas.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Se opta entonces por recuperar el volumen de suelo perdido a través de geotubos, es decir, elementos con forma de tubo o manga confeccionados a partir de un geotextil tejido de polipropileno de elevado módulo de rigidez, alta resistencia a la tracción y resistencia a los UV. Serán rellenos con la arena presente en el lecho del río y colocados con su lado largo paralelo a la dirección del curso, superponiéndose entre sí hasta ocupar el volumen necesario.



Ilustración 2.1-1 Geotubos rellenos con suelo.

Fuente: Coripa, fabricante de Geotubos.

La protección de la barranca será materializada con un sistema conformado por un geotextil tejido de polipropileno altamente estabilizado, que actúa como vínculo estructural de los bloques de hormigón. Estas mantas además de ofrecer una muy alta permeabilidad, otorgan mayor flexibilidad que puede esperarse de un revestimiento de bloques de hormigón.



Ilustración 2.1-2 Bloques de hormigón adheridos a geotextil.

Fuente: Coripa, fabricante.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Resumidamente, y habiendo consultado el material técnico proporcionado por los fabricantes de los elementos antes mencionados, se destacan las siguientes ventajas en la solución adoptada, que fueron determinantes para su elección:

- **Geotubos**

- Se rellenan con suelos locales.
- Bajo consumo de mano de obra.
- Fácil transporte y manipuleo.
- Sencilla y rápida instalación.
- Permite el escurrimiento del agua, pero retiene el material de relleno.

- **Bloques de hormigón adheridos a geotextil**

- Revestimientos de alta flexibilidad y permeabilidad.
- Posibilidad de colocación bajo agua.
- Rápida y sencilla ejecución y colocación.
- Nulo impacto ambiental.
- Prolongada vida útil, al no tener componentes metálicos ni degradables.
- Permiten el crecimiento de vegetación.
- Permite el escurrimiento del agua, pero retiene el material de relleno.

A continuación, se muestra un esquema de la propuesta planteada. Para mayor nivel de detalle se recomienda consultar el plano N°3:

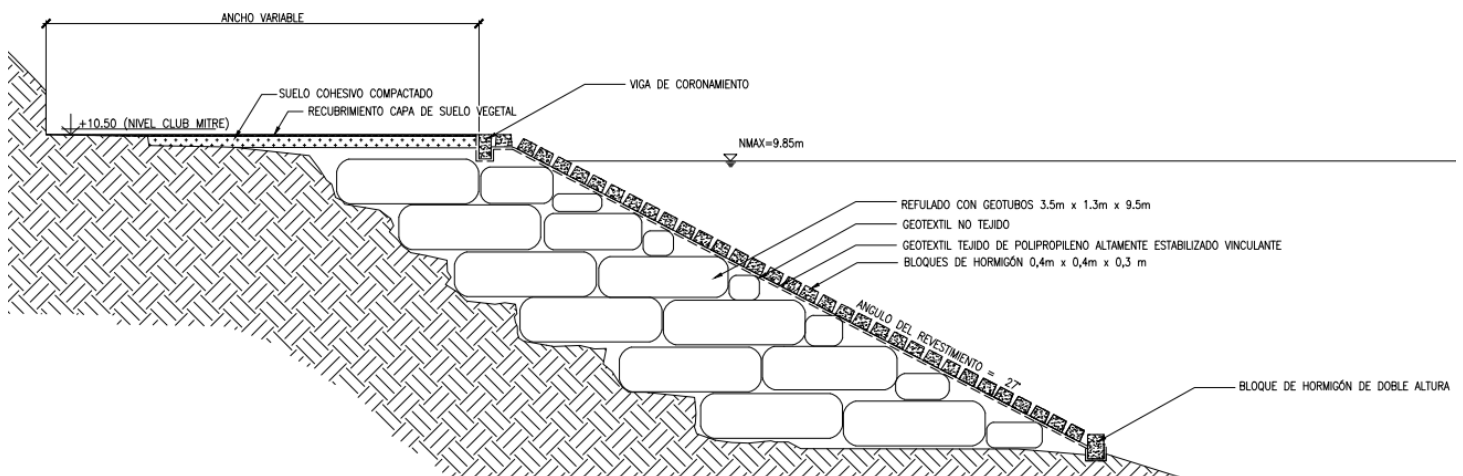


Ilustración 2.1-3 Contención y protección del club.

2.2. Paseo público en el Río Paraná

2.2.1. Pasarela

Se diseñará una pasarela sobre el río que conecte la explanada del parque España con el muelle de pesca del club Mitre. En la unión de la pasarela y el muelle, la misma se ensancha para generar un punto panorámico, generando un hito que incentivará a la comunidad a recorrer este nuevo paseo, que se extiende sobre el río Paraná. Para mayor nivel de detalle se presenta información gráfica del mismo en el plano N°6.

La estructura de la pasarela consiste en una losa de hormigón reforzado que se apoyará en una placa colaborante. Esta losa servirá como superficie de tránsito para peatones, y apoyará en vigas metálicas longitudinales que se extienden a lo largo de la pasarela. Estas vigas proporcionarán el soporte estructural necesario para distribuir las cargas de manera uniforme y resistir las fuerzas de flexión y corte.

Para garantizar la estabilidad y el nivel de apoyo adecuado, las vigas longitudinales se apoyarán en cabezales de hormigón armado ejecutados in-situ. Estos cabezales actuarán como un elemento de transición entre las vigas y los monopilotos de fundación, los cuales finalmente llevarán la carga al suelo.

Los monopilotos de fundación, también hormigonados in-situ, se ubicarán a lo largo de la pasarela, a una distancia de 12 metros y variarán en longitud para adaptarse a las diferentes profundidades que

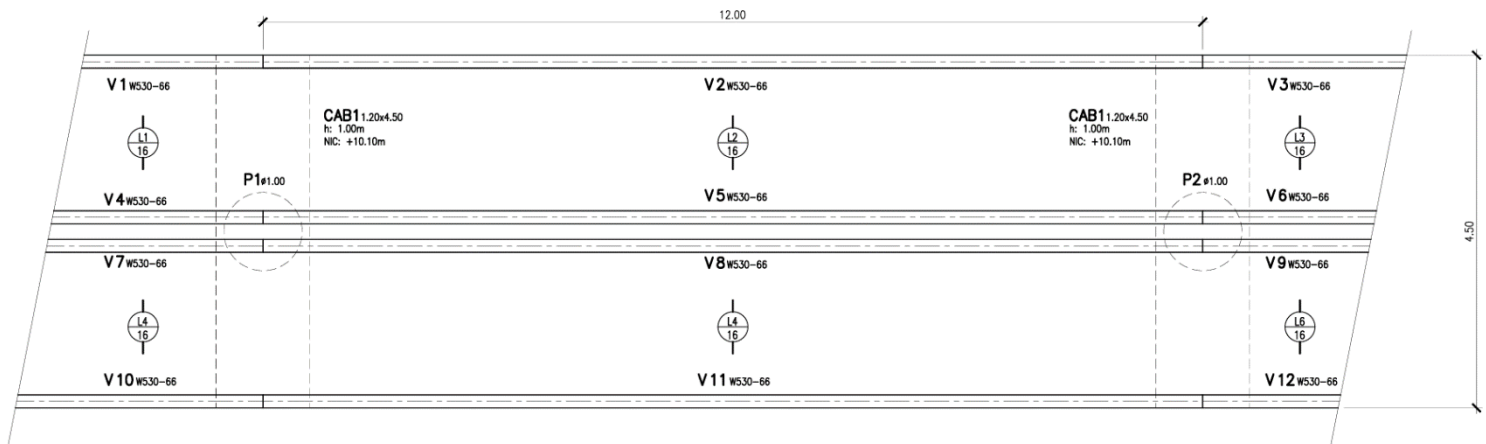


Ilustración 2.2-1 Planta del tramo típico de la pasarela

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

manifiesta lecho del río en el desarrollo de la misma. Se diseñarán y dimensionarán para resistir las cargas verticales y laterales, así como para garantizar la integridad estructural y la seguridad de la pasarela. A continuación, se presenta un esquema del tramo tipo en planta de la pasarela. Para mayor información se recomienda consultar el plano N°4.

En la siguiente imagen, se muestra la pasarela en corte, en donde se puede ver la materialidad y dimensiones de los elementos y los niveles.

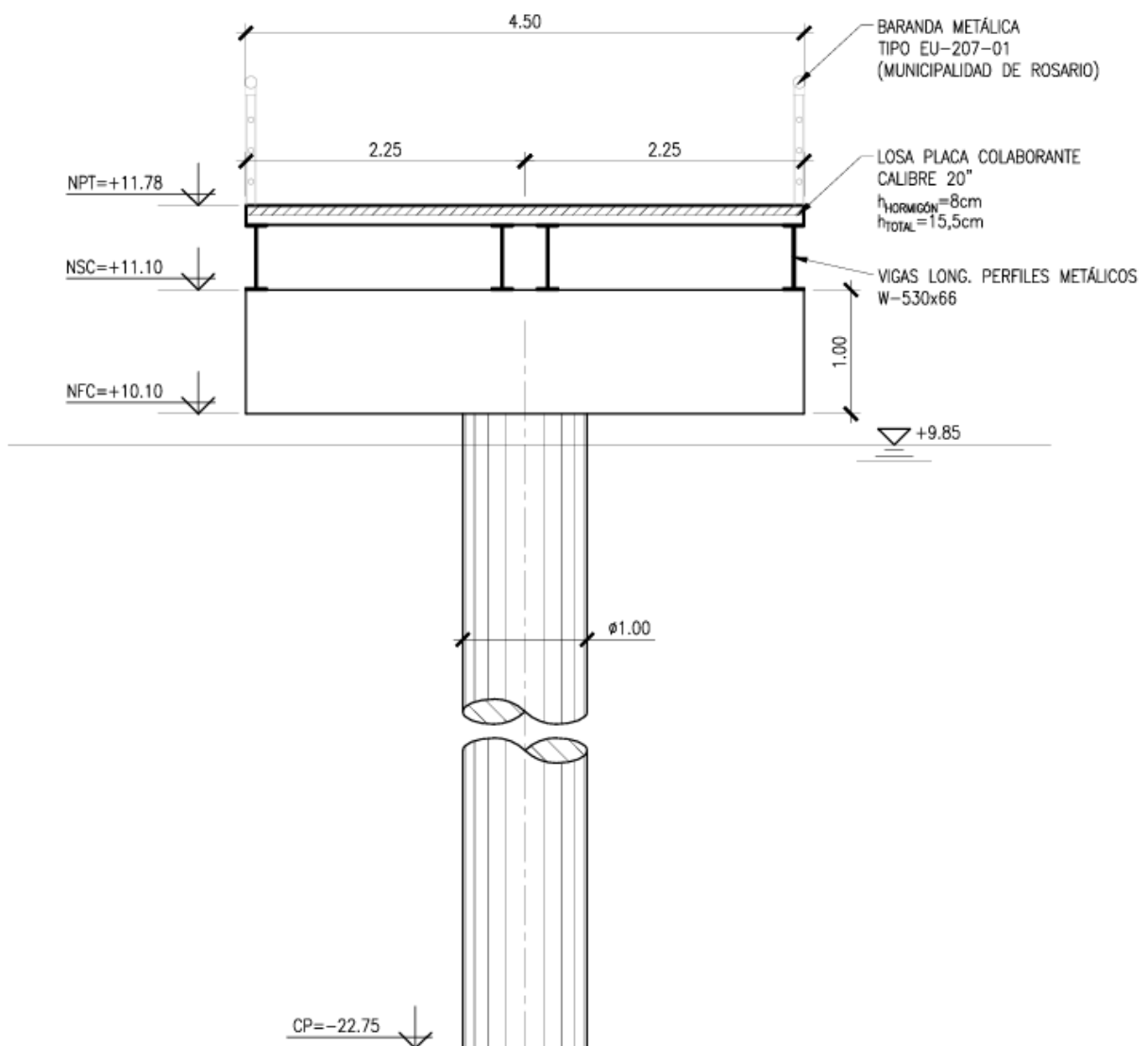


Ilustración 2.2-2 Corte estructural de la pasarela

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Para determinar la cota de la pasarela se partió del nivel máximo del río para una recurrencia de 100 años, que es de 9,85 m IGN (la obtención de este nivel está detallada en el Anexo 8.1.1). A esta cota se le sumó la revancha adoptada (0,25m) y las alturas necesarias por requerimientos estructurales del cabezal, de las vigas metálicas y de la losa de la pasarela, de modo de evitar que la presión del agua actúe sobre estos elementos en épocas de crecientes, llegando al valor +11,78 m IGN indicado en la ilustración anterior.

La terminación de la losa de la pasarela es de homigón llaneado, por lo tanto, no lleva ningún contrapiso solado. En el siguiente esquema, se puede ver lo mencionado.

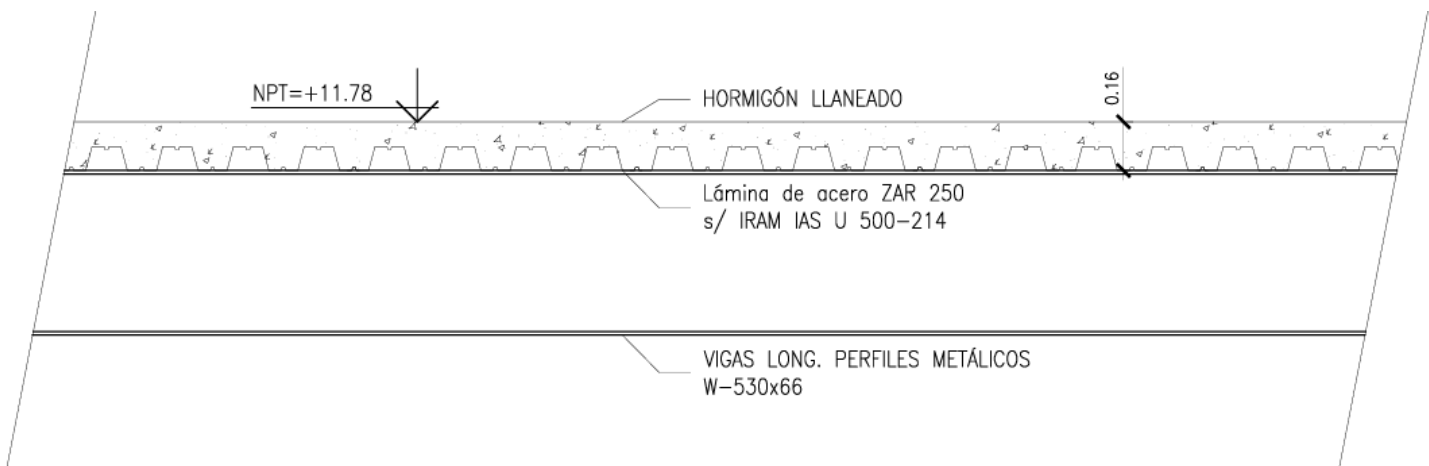


Ilustración 2.2-3 Corte longitudinal pasarela.

2.2.2. Diseño de escalera de acceso a la pasarela

Finalmente, para generar una integración completa con el entorno existente, y maximizando el aprovechamiento de los espacios disponibles, se propone realizar una escalera-mirador, que brindará una conexión directa entre la parte superior del Parque España y el paseo que se ejecutará directamente sobre el Río Paraná.

En este trabajo, solo se avanzará hasta una instancia de anteproyecto respecto a la escalera, que permita validar la arquitectura pensada. En lo inherente al paseo, se llega a definiciones de ingeniería básica. Sin embargo, con el objetivo de mostrar la propuesta completa y su integralidad. A continuación,

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

se presenta un corte representativo de la misma. Para mayor detalle, su desarrollo completo se presenta en el plano N°7.

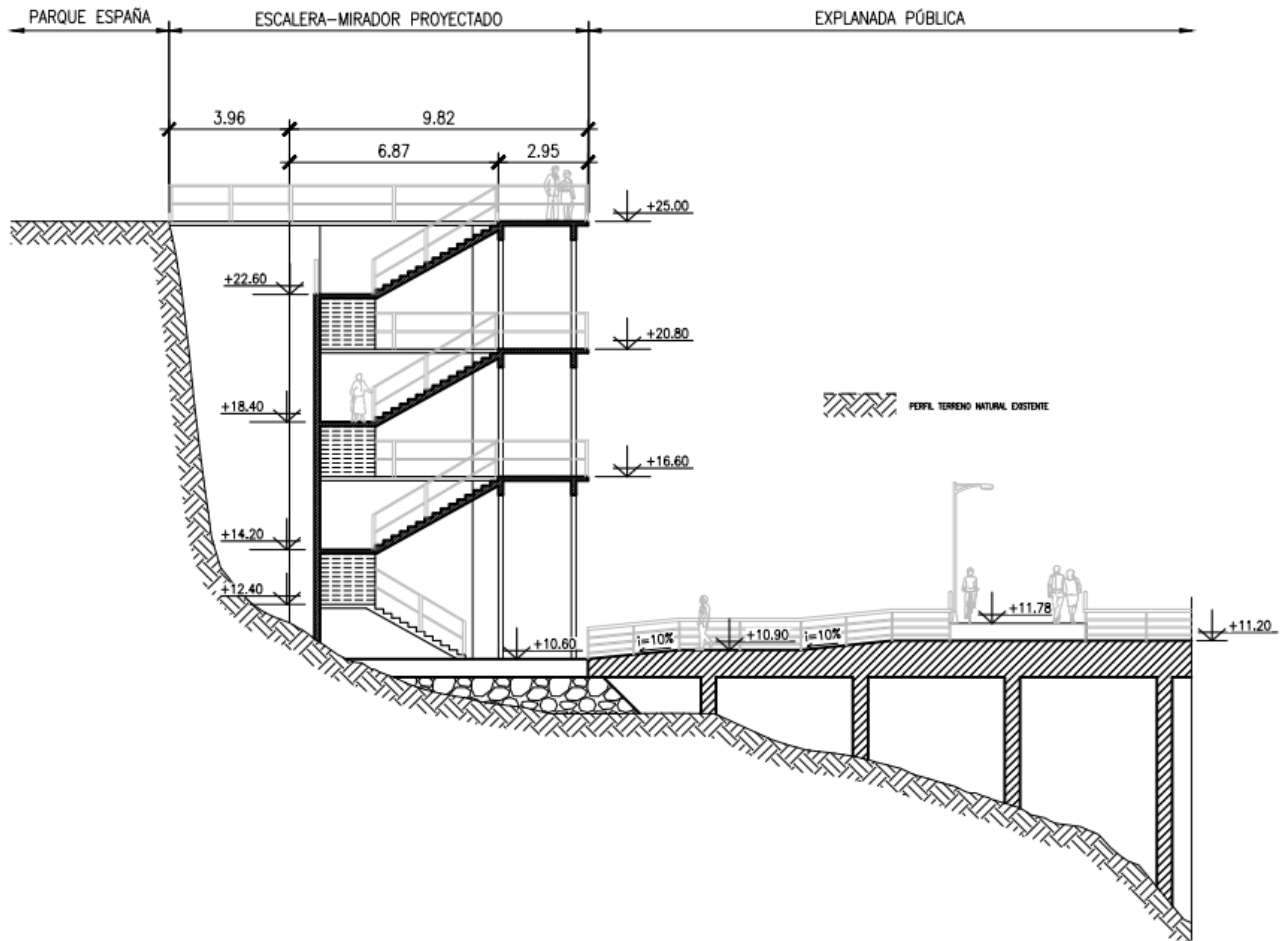


Ilustración 2.2-4 Corte representativo de la escalera-mirador del paseo.

En cuanto a la accesibilidad de personas con movilidad reducida, aprovechando el estacionamiento presente junto al playón, tendrán un ingreso apto por la explanada del parque España, con una rampa reglamentaria que les permita circular por la pasarela.

3. Identificación de Objetivos de Desarrollo Sostenible

En el marco de nuestra cátedra y en línea con los principios de desarrollo sostenible promovidos por la ONU, hemos incorporado un análisis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en nuestro proyecto de revitalización de la zona ribereña del Club de Pesca General Bartolomé Mitre en Rosario.

Este enfoque nos permite evaluar el impacto del mismo en una amplia gama de áreas relacionadas con el desarrollo sostenible, desde la infraestructura y la innovación hasta la conservación del ambiente.

En esta sección, clasificaremos los ODS en función de su relación con nuestro proyecto, priorizando aquellos que tienen una mayor relevancia y vinculación con los objetivos y acciones específicas que estamos llevando a cabo. Esta clasificación nos ayudará a identificar y destacar los aspectos más significativos de nuestro proyecto en términos de su contribución al logro de los ODS, permitiéndonos visualizar mejor cómo nuestro trabajo se alinea con los esfuerzos globales hacia un futuro más sostenible.

Objetivo 11 - Ciudades y comunidades sostenibles

Este objetivo es de suma importancia para nuestro proyecto, ya que apunta a garantizar que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. En el contexto de nuestra intervención en la zona ribereña del Club de Pesca General Bartolomé Mitre, buscamos crear un espacio público que contribuya al bienestar y la calidad de vida de los habitantes de la comunidad. Al revitalizar esta zona, no solo mejoramos el entorno urbano, sino que también fomentamos la cohesión social y el sentido de pertenencia a la comunidad. La creación de un espacio inclusivo y accesible para todos los miembros de la sociedad es fundamental para promover la equidad y la justicia social, valores fundamentales en un desarrollo sostenible.

A su vez, dentro de este objetivo, podemos relacionar ciertas metas con nuestro proyecto:

“11.3 De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.”

“11.4 Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.”

“11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.”

“11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.”

Objetivo 9 - Industria, innovación e infraestructura

Este objetivo se alinea estrechamente con nuestro proyecto, ya que busca promover el desarrollo de infraestructuras sostenibles y la implementación de prácticas innovadoras en el diseño y la construcción. La utilización de tecnologías y materiales avanzados, como las placas colaborantes, demuestra nuestro compromiso con la mejora continua y la eficiencia en la gestión de los recursos. Además, la innovación en el diseño y la construcción nos permite maximizar el uso de los recursos disponibles y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente. Nuestro proyecto busca no solo mejorar la infraestructura existente, sino también sentar las bases para un desarrollo sostenible y resiliente en el futuro.

A su vez, dentro de este objetivo, podemos relacionar ciertas metas con nuestro proyecto:

“9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.”

“9.4 De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.”

“9.b Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas.”

Objetivo 15 - Vida de ecosistemas terrestres

La conservación y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres son fundamentales para garantizar la salud y la prosperidad de las generaciones presentes y futuras. En el contexto de nuestro proyecto, es crucial considerar su impacto en los ecosistemas locales y promover prácticas de construcción sostenibles que conserven y restauren los hábitats naturales de la zona. Al revitalizar la zona ribereña, nos comprometemos a minimizar cualquier impacto negativo en la biodiversidad y a promover la restauración de los ecosistemas degradados. Esto incluye la protección de la flora y la fauna autóctonas, la preservación de los cursos de agua y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en las áreas adyacentes.

A su vez, dentro de este objetivo, podemos relacionar ciertas metas con nuestro proyecto:

“15.3 Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo.”

Objetivo 6 - Agua limpia y saneamiento

Aunque nuestro proyecto no se centra específicamente en el agua y el saneamiento, reconocemos la importancia de preservar la calidad del agua en la zona ribereña y promover el acceso equitativo a servicios básicos para todos los habitantes de la comunidad. La revitalización de la zona ribereña puede tener impactos positivos en la calidad del agua al reducir la contaminación y mejorar la gestión de los recursos hídricos. Además, al promover prácticas de construcción sostenibles, contribuimos a la conservación de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas acuáticos locales.

A su vez, dentro de este objetivo, podemos relacionar ciertas metas con nuestro proyecto:

“6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.”

“6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.”

4. Memoria de cálculo

Para la determinación de cargas, y verificación y dimensionamiento de los distintos componentes en estados límites últimos y estados de servicio, se utilizaron las siguientes normas:

- **Reglamento CIRSOC 101 – 05:** Reglamento Argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras
- **Reglamento CIRSOC 102 – 05:** Reglamento Argentino de acción del viento sobre las construcciones
- **Reglamento CIRSOC 201 – 05:** Reglamento Argentino de estructuras de hormigón
- **Reglamento CIRSOC 301 – 05:** Reglamento Argentino de estructuras de acero para edificios

4.1. Relleno y contención sobre el club Mitre

4.1.1. Reconstrucción del perfil transversal del lecho del río

Como se nombró anteriormente, para la realización de la reconstrucción del perfil existen distintas fuentes de información, entre las que se destacan

- Perfil estratigráfico realizado por INCOCIV en el año 2015 para el informe de la Municipalidad de Rosario, en tierra y agua a 400m del lugar.
- Diseño planimétrico brindado por la Secretaría de planeamiento de la Municipalidad de Rosario.
- Estudio geotécnico realizado por TyV en el Club Mitre. (Año 2021)
- Relevamiento topo-batimétrico realizado en el año 2021 por la firma Cura & Jordan, para el informe de TyV.
- Relevamiento topo-batimétrico del año 2019 con estimación de niveles de pelo de agua máximos y mínimos para recurrencia 100 años, brindado por el Departamento Hidráulica – FCEIA – UNR.

Analizando y anexando la información previamente descrita, se pudo estimar un perfil previo al desmoronamiento y un perfil que se tiene en la actualidad. En lo que sigue, se muestra una planta de dónde está ubicado el perfil y los distintos cortes en función del paso del tiempo.

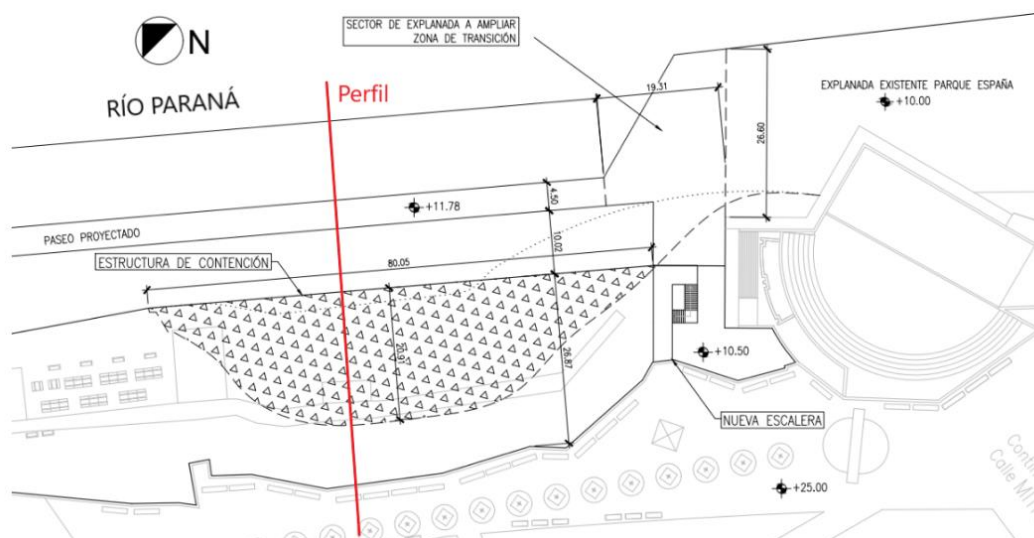


Ilustración 4.1-1 Esquema en planta de ubicación de perfil transversal.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

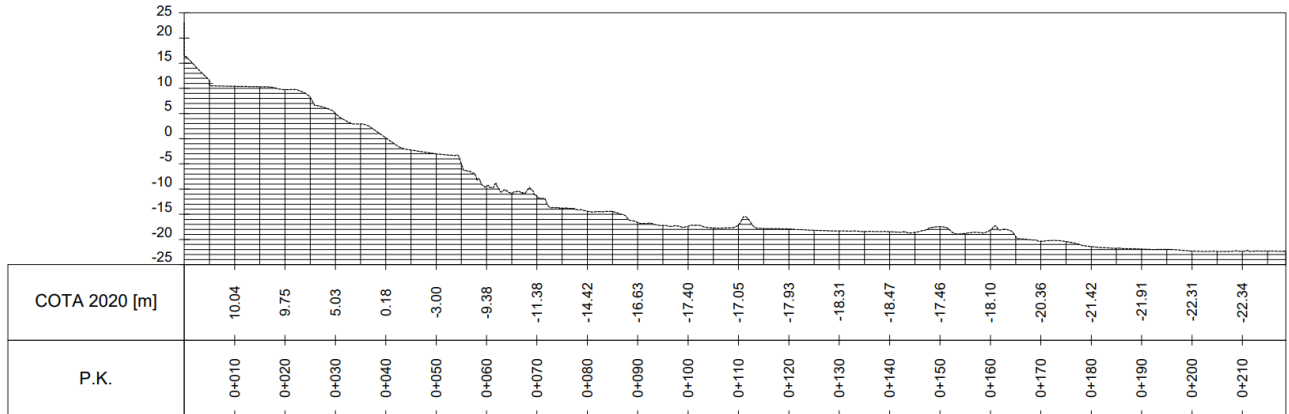


Ilustración 4.1-2 Perfil transversal en la situación previa al desmoronamiento.

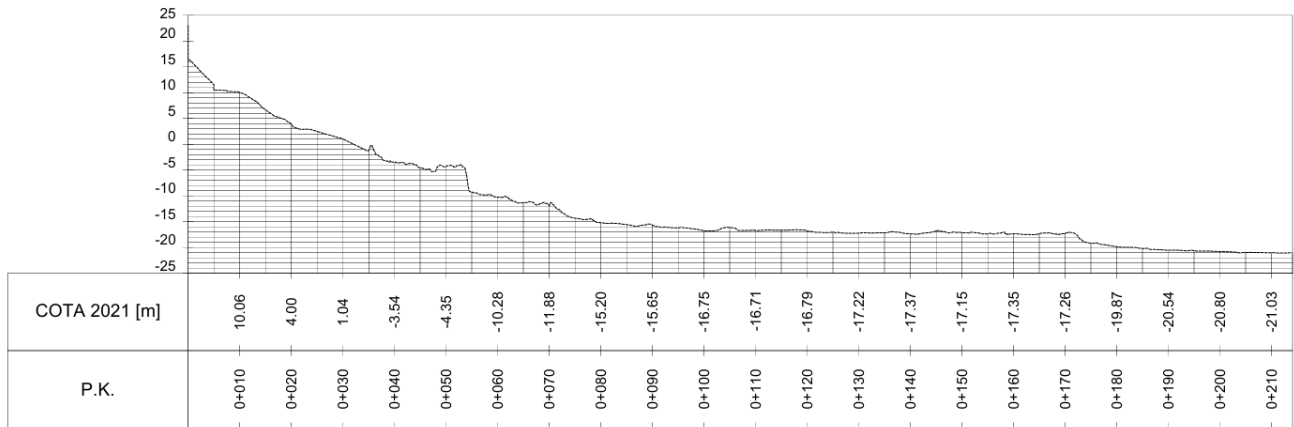


Ilustración 4.1-3 Perfil transversal en la situación posterior al desmoronamiento.

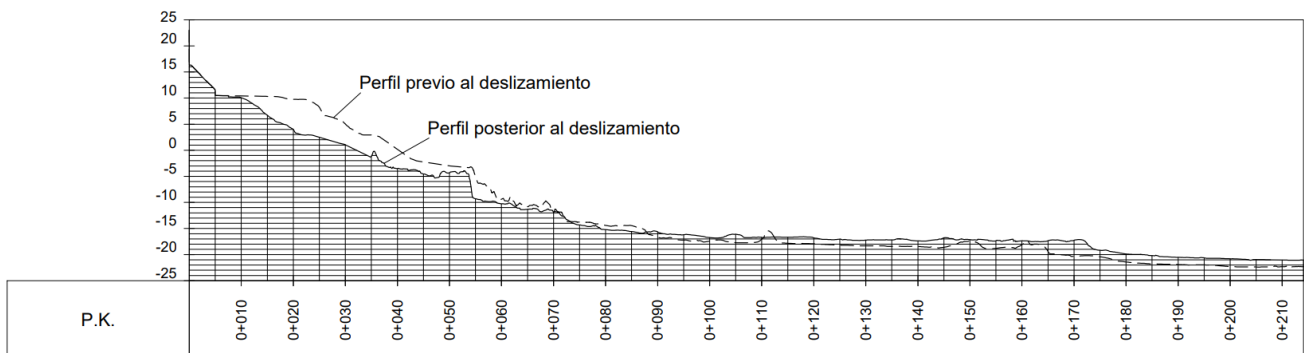


Ilustración 4.1-4 Perfiles previo y post desmoronamiento superpuestos.

4.1.2. Cálculo de Geotubos

Debido a que los Geotubos serán protegidos por los bloques de hormigón, no resulta necesario realizar un dimensionamiento frente a las cargas debidas a la acción de la corriente del río Paraná. De esta manera, el diseño estará controlado por su porosidad y dimensiones que resulten adecuadas y adaptables para el sector a reconstruir.

Por lo tanto, se presentan en el siguiente gráfico tres curvas de análisis granulométrico realizado en función de la información recopilada por las perforaciones realizadas por Torres y Vercelli en las inmediaciones del club, sobre el suelo en el lecho del río.

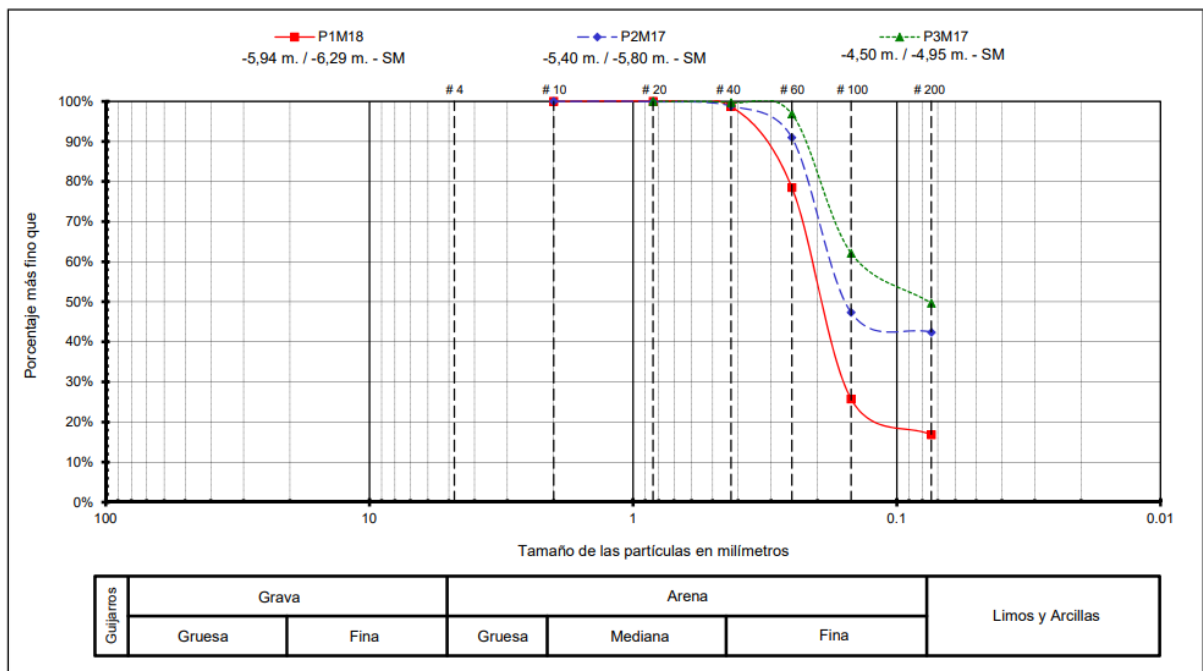


Gráfico 4.1-1 Granulometría del suelo del lecho del río.

Las muestras seleccionadas corresponden una a cada perforación para la cota en la cual se encuentra el lecho del río, desde donde se obtendría el material para el llenado de los Geotubos. De esta manera, superponiendo las tres granulometrías se observa que gran parte del material resulta de un diámetro mayor al tamiz #200 (200 μ m), por lo que según las especificaciones técnicas la solución con los Geotubos presentados resulta viable.

Finalmente, se elige el Geotubo que se indica en la siguiente tabla, por tener dimensiones fáciles de trasladar y manipular, además de un peso vacío relativamente bajo.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Cabe aclarar que para el dimensionamiento se utilizaron tablas provistas por uno de los posibles proveedores (en este caso Coripa), aunque podrían haberse utilizado las de otras marcas comerciales.

Tabla 4.1-1 Dimensiones de los Geotubos.

GeoTubo® RH Medidas Habituales	ANCHO (1)(*) (m)	LARGO (1)(*) (m)	ALTURA MÁX (2)(*) (m)	ACCESORIOS		PESO VACÍO (3) (Kg)
				Puertos de carga (cantidad)	Presillas (cantidad)	
GEOTUBO RH PP6 (P50;L96)	2,50	9,60	0,90	2	6	13,44
GEOTUBO RH PP6 (P50;L192)	2,50	19,20	0,90	2	10	26,88
GEOTUBO RH PP6 (P70;L96)	3,50	9,60	1,30	2	6	18,82
GEOTUBO RH PP6 (P70;L192)	3,50	19,20	1,30	2	10	37,63
GEOTUBO RH PP8 (P100;L92)	5,00	9,20	1,50	2	6	36,80
GEOTUBO RH PP8 (P100;L184)	5,00	18,40	1,50	2	10	73,60

(1) Dimensiones de provisión (sin relleno). Tolerancia +/- 5%. (2) Altura máxima: garantiza la integridad del geocontenedor. (3) Peso: sin embalaje (aproximado).

(*) Dimensiones finales: Dependen del tipo de relleno y proceso constructivo.

4.1.3. Dimensionamiento de los bloques de hormigón con geotextil

El dimensionamiento consistirá en determinar la altura de los bloques, los cuales son tronco-piramidales de base cuadrada (0,40m x 0,40m) y mínima conicidad tal como se muestra en imagen.

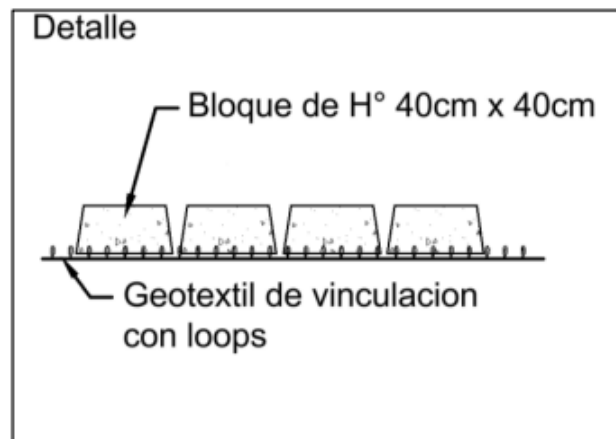


Ilustración 4.1-5 Esquema de la protección adoptada.

Fuente: Coripa, fabricante.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

La elección de la altura de la protección se obtiene de acuerdo a la fórmula específica para protecciones flexibles del Ing. Krystian W. Pilarczyk, recomendada por el Ing. Basile.

La fórmula de Pilarczyk expresa:

$$\frac{H_s}{\Delta_m \times D} \leq F \times \frac{\cos \alpha}{\xi_m^b} \quad (\xi_m < 3 \cot \alpha \geq 1,5) \quad (1)$$

Donde ξ_m (índice de rompiente) es igual a:

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_0}}} = 1,25 \times T_m \times H_s^{-0.5} \times \tan \alpha$$

Siendo:

- **F**: factor de estabilidad.
- **H_s**: altura de ola característica [m].
- **T_m**: período medio de la ola [s].
- **L₀**: longitud de la ola en aguas profundas [m].
- **D**: espesor de la protección [m].
- **α**: ángulo del talud [°].
- **Δ_m**: densidad unitaria relativa al agua del sistema.
- **b**: exponente relacionado con el proceso de interacción entre olas y revestimientos, rugosidad, porosidad, etc. (0,5 < b < 1,0).

Despejando D de (1), se obtiene que, para que el bloque trabaje en buenas condiciones se debe cumplir:

$$D \geq \frac{H_s \times \xi_m^b}{\Delta_m \times F \times \cos \alpha}$$

Por lo tanto, adoptando las siguientes hipótesis de cálculo:

- **F**: 5

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

- **b:** 0,67
- **Hs:** 0,80 m (dato obtenido del informe de la Municipalidad de Rosario).
- **Tm:** 2,69 s (dato obtenido del informe de la Municipalidad de Rosario).
- **Talud:** 1V:2H. $\rightarrow \alpha = 26,57^\circ$.
- **Conicidad:** 15%.
- **ρ H°:** 2300 kg/m³.
- **ρ calc:** $0,85 \times 2300 \text{ kg/m}^3 = 1955 \text{ kg/m}^3$.
- **$\Delta m:$** $\frac{1955 \text{ kg/m}^3 - 1000 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0,96$

$$\xi_m = 1,25 \times 2,69 \times 0,8^{-0,5} \times \tan 26,57 = 1,88$$

$$D \geq \frac{0,8 \times 1,88^{0,67}}{0,96 \times 5 \times \cos 26,67} = 0,29 \text{ m} = 29 \text{ cm}$$

De esta forma la altura mínima del bloque es 29 cm, por lo cual se adoptarán bloques de altura 30 cm.

4.1.4. Verificaciones

4.1.4.1. Características geométricas y de diseño del talud y mantas de bloques

Tabla 4.1-2 Características del talud a revestir.

Talud a revestir		
Característica	Unidad	Valor
Pendiente del talud	1V: x H	2
Ángulo del talud	°	26.57
Ángulo de fricción suelo-geotextil (β)	°	18

Tabla 4.1-3 Características de la protección adoptada.

Revestimiento bloques de hormigón		
Característica	Unidad	Valor
Altura del bloque	m	0.3
Ancho del bloque	m	0.4
Largo del bloque	m	0.4
Ancho del geotextil tejido	m	2
Separación entre filas de bloques	cm	4
Porcentaje de cobertura superficial con hormigón	%	85
Largo de la manta	m	A determinar

Cabe destacar que el ancho del geotextil, la separación entre filas de bloques, el porcentaje de cobertura, el ancho y largo del bloque son datos ya establecidos por el fabricante. A raíz de esto se debe determinar cuál será el largo de la manta a utilizar.

Por otro lado se adoptó como ángulo de fricción $\beta = 18^\circ$ para suelo sumergido establecido por Pilarczyk, siendo este el menor valor posible tal que estemos del lado de la seguridad.

- Esquema estático de la manta y sollicitación del geotextil.

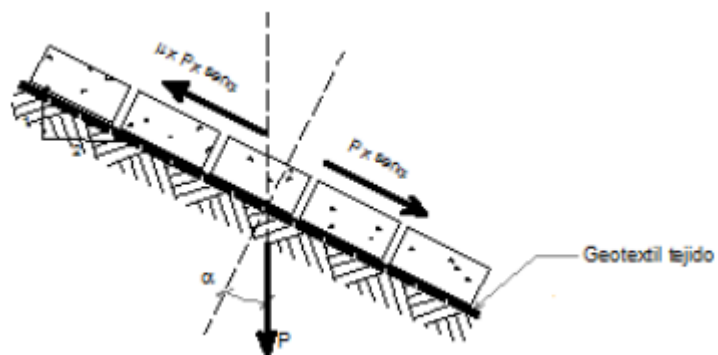


Ilustración 4.1-6 Diagrama de cuerpo libre de la protección.

Fuente: Coripa, fabricante.

De manera de que la fuerza de deslizamiento será:

$$F = P \times (\text{sen } \alpha - \tan \beta \times \cos \alpha)$$

Con:

$$P = 85\% * \gamma h * L * A * e$$

Siendo:

- **P**: Peso de la protección.
- **α** : Ángulo del talud con la horizontal.
- **β** : Ángulo de fricción suelo-geotextil.
- **γh** : peso específico del hormigón.
- **L**: Largo de la manta.
- **A**: Ancho efectivo de la manta (ancho que se hormigona, sin solapes)
- **e**: altura del bloque.

Asumiendo que el peso se distribuye uniformemente en el ancho efectivo de la manta, el peso por unidad de ancho de manta será:

$$\frac{P}{A} = 0.85 \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,3 \text{ m} \times L = 612 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times L$$

$$F = 612 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times (\text{sen } 26,57^\circ - \tan 18^\circ \times \cos 26,57^\circ) = 0,94 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ m}$$

4.1.4.2. Características geométricas y de diseño del talud y mantas de bloques

A continuación, se verificará la máxima longitud de manta que provoca la rotura del geotextil por deslizamiento sobre el talud de los bloques. Se considera que la manta se encuentra anclada en el hombro del talud. Debe verificarse que la longitud real de las mantas sea menor a la máxima teórica.

Tabla 4.1-4 Deslizamiento de los bloques.

Verificación al deslizamiento de los bloques		
Parámetro	Unidad	Valor
Tensión de tracción por peso de bloques	kN/m ²	0.94
Resistencia del geotextil	kN/m ²	55
Factor de seguridad a la fluencia del geotextil	-	3
Máxima longitud admisible	m	19.50

De esta manera, se obtiene que la longitud máxima de manta es de aproximadamente 19,50m.

4.1.4.3. Verificación a la rotura del geotextil por deslizamiento de bloques (durante el izaje).

El geotextil utilizado en la confección de las mantas tiene una resistencia a tracción en la dirección longitudinal de las mantas (dirección de acción del peso durante el izaje) es:

$$R = 55 \frac{kN}{m} = 5500 \frac{kg}{m}$$

Por lo tanto, adoptando un coeficiente de seguridad $\Omega = 2,5$.

$$R > \frac{P}{A} \times \Omega$$

$$5500 \frac{kg}{m} > 612 \frac{kg}{m^2} \times L \times 2,5$$

$$L < 3,59 m$$

En conclusión, podrá hormigonar únicamente una superficie de manta de 2m x 3,5m en caso de izarse desde un extremo.

En el caso de que la manta sea hormigonada en su posición final, no hay limitación de su largo.

4.1.4.4. *Viga de anclaje y método de fijación al pie del revestimiento.*

Por recomendación constructiva del proveedor, se adopta una viga de coronamiento con dimensiones de un ancho igual al alto de los bloques y una altura del doble. De esta manera, se adopta una viga de 30cm x 60cm.

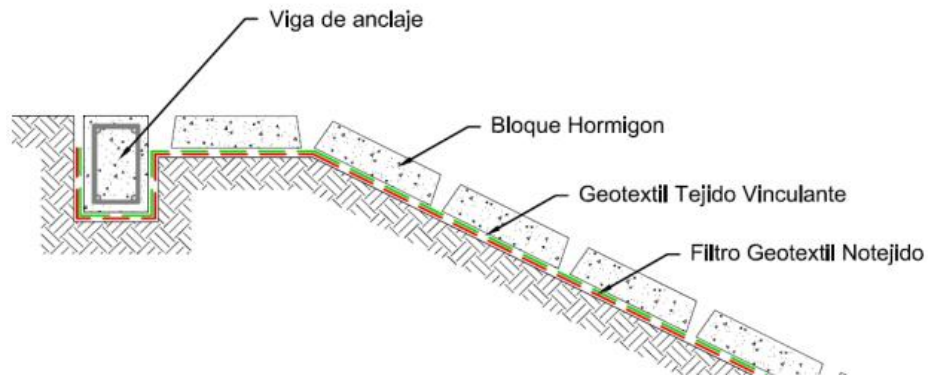


Ilustración 4.1-7 Viga de coronamiento.

En cuanto a la metodología de fijación al pie y a los laterales, si bien el revestimiento está diseñado con un espesor tal que verifica las condiciones de corriente, para aumentar la seguridad del mismo y posibles efectos del borde se recomienda ejecutar un bloque de doble altura en la última fila de bloques. De esta manera se colocarán bloques de 40cm x 40 cm x 60cm de alto en todo el perímetro.



Ilustración 4.1-8 Bloque de hormigón de doble altura en la parte inferior.

De esta manera, se presenta en esquema la resolución final del relleno del club. Para el cual se utilizarán Geotubos, con una protección realizada con la manta geotextil y bloques tronco-piramidales de 40cm x 40cm en superficie x 30cm de alto.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Adicionalmente, se presentan imágenes de la misma solución ya aplicada en la defensa de un puente en Chaco.



Ilustración 4.1-9 Solución similar adoptada en Chaco.

Fuente: Coripa, fabricante.



Ilustración 4.1-10 Solución similar adoptada en Chaco.

Fuente: Coripa, fabricante.



Ilustración 4.1-11 Solución similar adoptada en Chaco.

Fuente: Coripa, fabricante.

4.2. Pasarela

La estructura de la pasarela se proyecta apoyada sobre pilotes. Sus características generales son las siguientes:

- Ancho: 4,5 metros.
- Largo aproximado: 200 metros.
- Separación entre pilotes: 12 metros.
- Altura de pilotes: variable según la profundidad del lecho del río.

A continuación, se muestra corte de la solución adoptada. Luego, se hará un análisis de cargas y un dimensionamiento de los distintos elementos.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

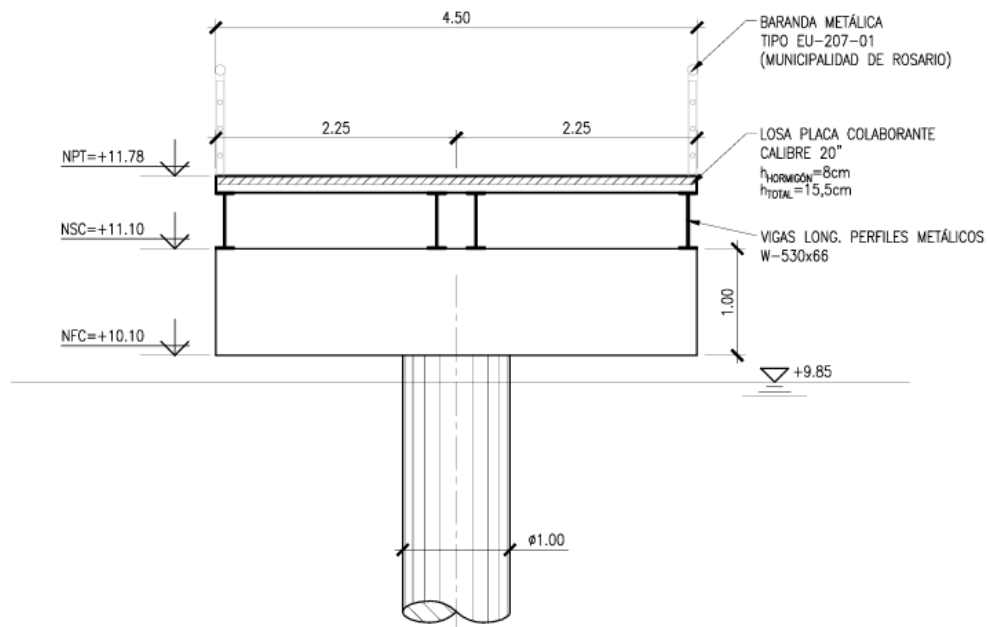


Ilustración 4.2-1 Esquema de la pasarela.

4.2.1. Tablero de la pasarela

En primer lugar, se analiza el tablero de la pasarela.

Estados básicos:

- D: Peso propio de la placa colaborante y del hormigón
- L: Sobrecarga de muchedumbre

Los estados básicos se componen de la siguiente manera:

Peso propio (D):

- Placa colaborante:

La placa de calibre 22 tiene un peso de 8.3 kg/m².

- Hormigón armado:

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Tabla 4.2-1 Cubicación y peso propio de los elementos.

Cubicación			Peso propio de los elementos						Armadura de retracción*			
Esp. de Losa (mm)	Hº s/cresta (mm)	Cubicación m³ / m²	Hormigón kg / m²	Espesor Placa			Total kg/m²			Cuantía cm² / m	Peso kg / m²	Malla electrosoldada
				Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18	Cal. 22	Cal. 20	Cal. 18			
125	50	0,088	210	8,3	10,4	14,1	218	220	224	1,31	2,06	Q131 (Ø 5 - 15x15)
130	55	0,093	222	8,3	10,4	14,1	230	232	236			
135	60	0,098	234	8,3	10,4	14,1	242	244	248			
155	80	0,118	282	8,3	10,4	14,1	290	292	296			
175	100	0,138	330	8,3	10,4	14,1	338	340	344			
195	120	0,158	378	8,3	10,4	14,1	386	388	392			

El espesor de la losa es de 155mm, por lo tanto, el peso propio del hormigón es de 282 kg/m².

Entonces, la carga total de peso propio es:

$$Q_D = 8,3 \frac{kg}{m^2} + 282 \frac{kg}{m^2} = 290,3 \frac{kg}{m^2} = 2,9 \frac{kN}{m^2}$$

Sobrecarga de uso (L):

Para obtener esta sobrecarga el CIRSOC 101 no aborda el caso particular de un puente peatonal. El punto más similar que encontramos fue azoteas y terrazas donde pueden congregarse personas, donde el valor es 5kN/m². Por otro lado, el CIRSOC 801 (diseño de puentes carreteros), para el caso de puentes peatonales (según define el propio reglamento: “*puentes cuya función principal será la de permitir el cruce seguro de peatones, ciclistas, jinetes y vehículos livianos de mantenimiento*”) se recomienda utilizar la Sección 5 de la Guía de especificaciones para el diseño de puentes peatonales de la AASHTO LRFD (AASHTO’s LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges). Esta sección presenta 3 casos distintos de congregación de personas con sus presiones respectivas. El primero considera 50psf (pound per square foot), equivalente a 245 kg/m². El caso intermedio adopta 100 psf (488 kg/m²), y finalmente el caso más exigido asume 150 psf (732 kg/m²). Haciendo un análisis sobre estas cargas, se considera prácticamente imposible alcanzar el 3º caso en la pasarela, ya que demandaría más de 7 personas por metro cuadrado, de forma simultánea en la losa.

Por otro lado, el valor intermedio se adopta como situación crítica pero posible, por lo que es seguro y racional utilizarla para el diseño. La presión correspondiente a dicha situación es de 488 kg/m² y se aproxima al valor que habíamos supuesto del CIRSOC, lo que reafirma que es un valor adecuado para

el diseño de la estructura. El valor final que adoptaremos es entonces 500 kg/m², que equivale a 5 kN/m².

$$Q_L = 5 \frac{kN}{m^2}$$

En el *Anexo 8.3.1* se verifica que la capacidad de carga de la losa soporta las solicitaciones externas. El tablero trabajará como dos losas derechas, como se puede ver en el siguiente esquema. Las reacciones sobre cada una de las vigas se determinan en el siguiente título.

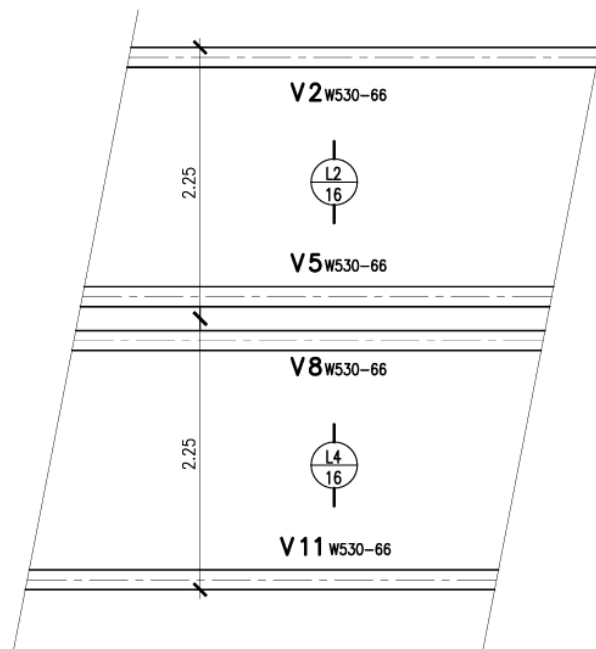


Ilustración 4.2-2 Esquema de la losa de la pasarela

4.2.2. Vigas metálicas de la pasarela

Como se mencionó anteriormente, la losa se armará buscando un comportamiento independiente entre los dos tramos, es decir, que se comportará como 2 losas simplemente apoyadas. En la siguiente ilustración se muestran los anchos de influencia que tendrá cada viga.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

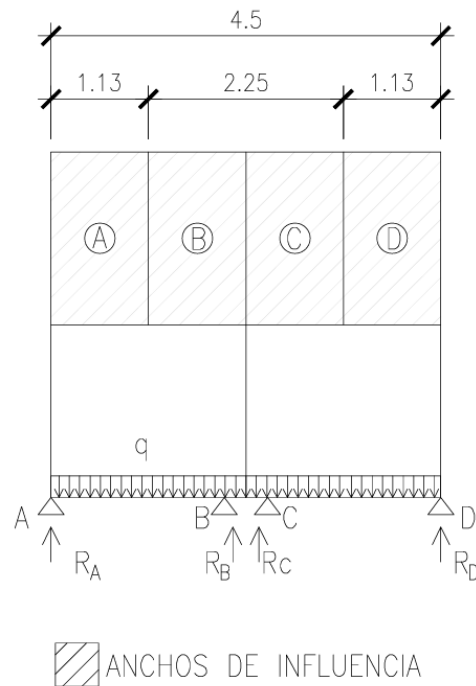


Ilustración 4.2-3 Cargas sobre las vigas

Las reacciones R_A , R_B , R_C y R_D tendrán el mismo valor, y serán las cargas gravitatorias por unidad de longitud que estarán aplicadas en las 4 vigas metálicas. Así, el esquema de cargas de las 4 vigas metálicas resulta de la siguiente forma:

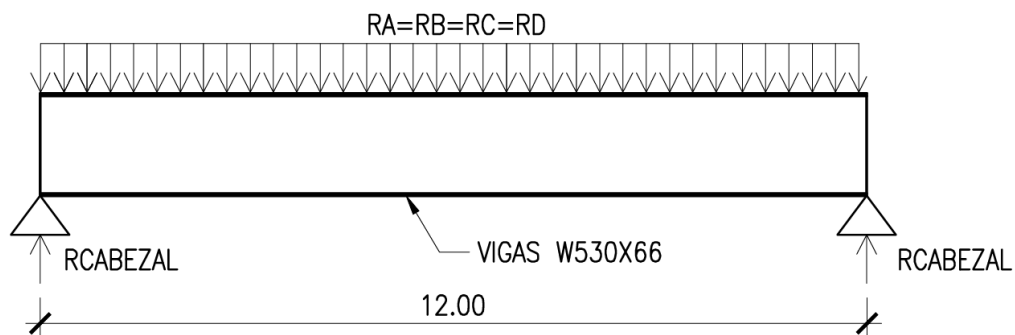


Ilustración 4.2-4 Esquema de cargas sobre las vigas metálicas.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Combinaciones en Estados Límites Últimos:

- E1: 1,4 D
- E2: 1,2 D + 1,6 L

Combinaciones en servicio:

- E3: 0,7 D + 0,7 W

En la *Tabla 4.2-2 Cargas sobre las vigas*, se muestran inicialmente los valores de carga de la losa para los estados D y L, y luego las cargas sobre las vigas teniendo en cuenta el peso propio del perfil W con el que serán materializadas.

Tabla 4.2-2 Cargas sobre las vigas

Análisis de cargas	
Cargas L	
Sc uso [kN/m ²]	5
Cargas D	
PP steel deck [kN/m ²]	2.9
PP perfil [kN/m]	0.9
Cargas sobre la viga	
q _d viga [kn/m]	7.4
q _l viga [kn/m]	11.25

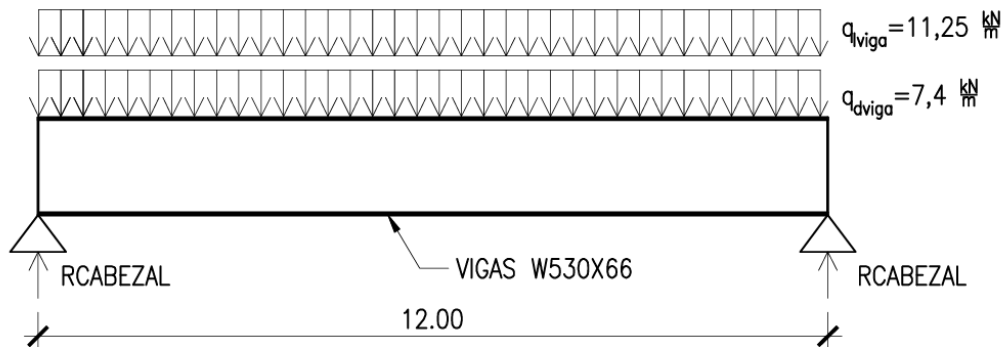


Ilustración 4.2-5 Cargas D y L sobre las vigas metálicas.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Luego, se realizan las combinaciones previamente mencionadas tanto para estados límites últimos como para servicio, y luego se procede al dimensionamiento.

Tabla 4.2-3 Cargas últimas y en servicio.

Solicitaciones	
Estado Límite de Resistencia	
1,4D	
qu [kN/m]	10.4
Mux [kNcm]	18724.8
Solicitaciones	
Estado Límite de Resistencia	
1,2D + 1,6L	
qu [kN/m]	26.9
Mux [kNcm]	48449.8
Solicitaciones	
Estado Límite de Servicio	
D + L	
qs [kN/m]	18.7
Msx [kNcm]	33624.8

En el dimensionamiento de las vigas, se verificará la flexión vertical, la resistencia al corte y las deformaciones verticales según las indicaciones del reglamento. Las vigas serán materializadas con perfiles W. En el *Anexo 3 – Cálculos estructurales*, se adjuntan las tablas correspondientes al dimensionamiento. El perfil que se adopta es **W 530x66**.

4.2.3. Cabezales

En primer lugar, resulta adecuado mencionar que el dimensionamiento de los cabezales (y más adelante veremos que también de los pilotes), se realizó siguiendo un proceso iterativo, ya que las

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

dimensiones de los cabezales dependerán del diámetro de pilote adoptado. Asimismo, las dimensiones del cabezal inciden en el dimensionamiento de los pilotes debido al peso que estos agregan a la estructura.

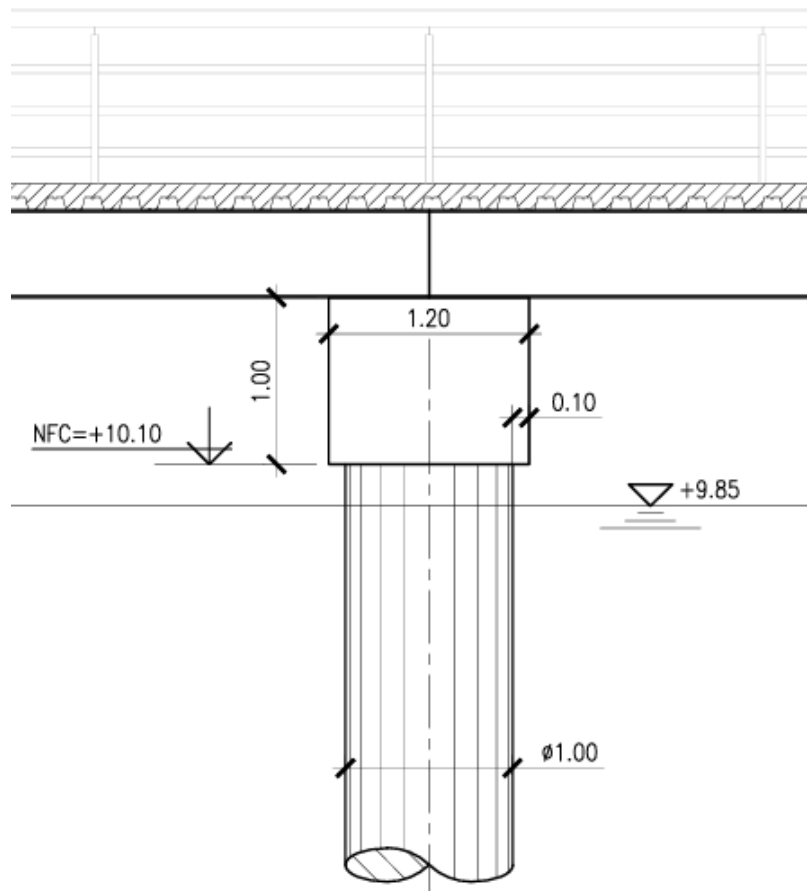


Ilustración 4.2-6 Esquema estructural de los cabezales

En cuanto a su comportamiento estructural, la función para la cual se los diseñó es transmitir las cargas verticales que se producen en la superestructura hacia las fundaciones. Así, resulta adecuado considerar al cabezal como dos vigas en voladizo que se empotran en el monopilote, pudiéndole transmitirle entonces no solo cargas axiales en el eje del mismo, sino también momentos flectores. Lo explicado se muestra en el siguiente esquema:

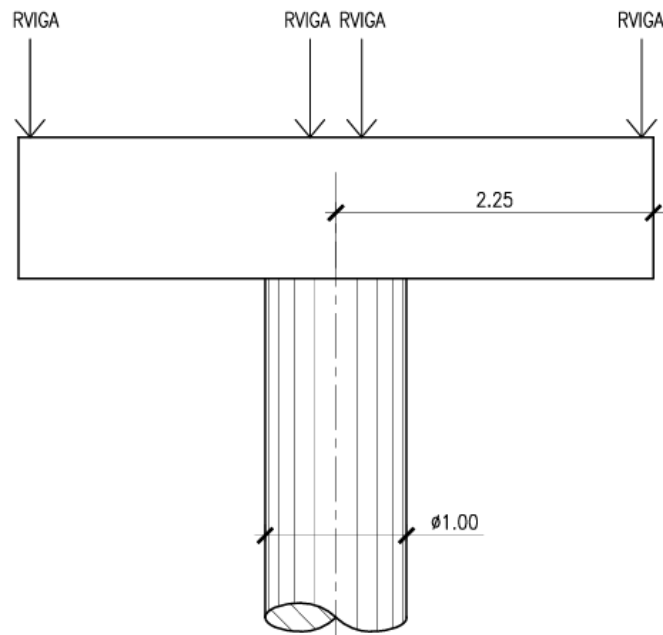


Ilustración 4.2-7 Cargas sobre el cabezal.

4.2.4. Pilotes

Para comenzar con este análisis, se aclara que estudiar las particularidades de cada uno de los pilotes que deben plantearse a lo largo de los casi 200m de pasarela, respondiendo a la alta variabilidad que presenta el lecho del río en ese desarrollo, excedería el alcance de este trabajo académico. Por lo tanto, se estudiará un único pilote, asociado a la mayor profundidad de lecho del río, lo que generará las mayores sollicitaciones sobre este.

Como criterio de selección, se decidió estudiar el pilote ubicado en la zona donde el lecho del río se encuentra a mayor profundidad. Esto se da en el pilote P4 del plano 04, en el extremo norte de la pasarela, donde se alcanza una profundidad de pelo de agua a lecho de río (antes de consideraciones relativas a erosión) de 13,00m, sumado a ello, esta posición resulta crítica debido a que al plantearse los pilotes como se muestra en el plano respectivo, se produce el “fenómeno de grupo”, que acrecienta el efecto de la erosión localizada, resultando una condición desfavorable para el diseño de dichos elementos.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

4.2.4.1. Acciones horizontales de agua

En la dirección longitudinal, se tienen en cuenta las acciones del agua que varían con la profundidad, la obtención de estas se desarrolla en el apartado 8.2.1. Dichas presiones, se aplican desde el nivel superior del pelo de agua (+9,85 IGN) hasta el nivel -3,15 IGN, como se ve en el siguiente esquema. Luego, para el dimensionamiento del pilote, se suma la profundidad que genera la erosión total (compuesta por la suma de la erosión general, la erosión local y la mitad de la altura de duna).

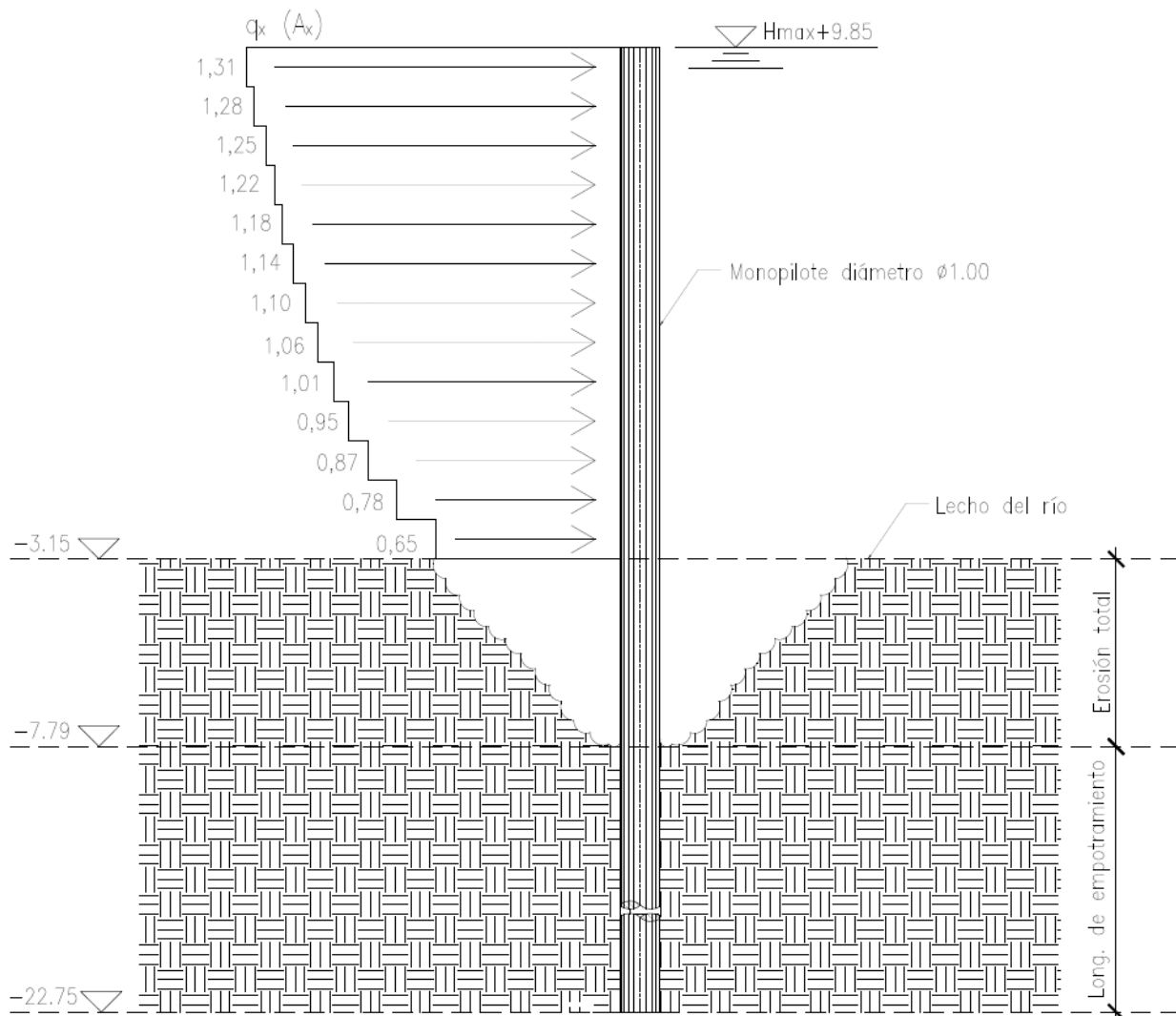


Ilustración 4.2-8 Carga hidráulica sobre los pilotes en función de la altura [kN/m].

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

4.2.4.2. Acciones horizontales de viento

En dirección transversal, se tienen en cuenta las acciones del viento actuando sobre la baranda de la pasarela, la viga metálica y el cabezal, que lo transmiten al pilote como una fuerza transversal y un momento longitudinal, aplicados en su parte superior. La presión de viento se calcula según el procedimiento del CIRSOC 102, desarrollado en la siguiente tabla:

Tabla 4.2-4 Presión de viento – CIRSOC 102

DETERMINACION DE ACCIONES VIENTO- Reglamento CIRSOC 102				
1- Datos básicos				
Ubicación geográfica	ROSARIO			
Categoría	II <i>No incluido en I-III-IV</i>			
Tipo estructura	Edificio-Sistema principal resistente			
Categoría exposición	D <i>Edificios expuestos a vientos soplando sobre aguas abiertas con distancia > 1</i>			
Cerramientos	Abierto			
Intervalo de recurrencia [años]	50			
2- Parámetros de diseño				
Velocidad básica de viento	$V_{50} =$	50	m/s	
Factor de conversión s/ Recurrencia	1			
Velocidad básica de viento	$V_0 =$	50	m/s	
Factor importancia	$I = 1$			
Factor topográfico	$K_{zt} = 1$			
Factor de direccionalidad	$K_d = 0.85$			
Presión de referencia	$q =$	1.30	KN/m ²	$= 0,000613 \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \cdot I$

Esta presión q calculada, se aplica en la superficie lateral de los diferentes elementos según se indica en el siguiente esquema. Para la baranda, calculamos la presión multiplicada por su superficie lateral, en la parte superior, media e inferior y de allí sacamos cargas puntuales horizontales y momento flector utilizados para el dimensionamiento de los elementos inferiores.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

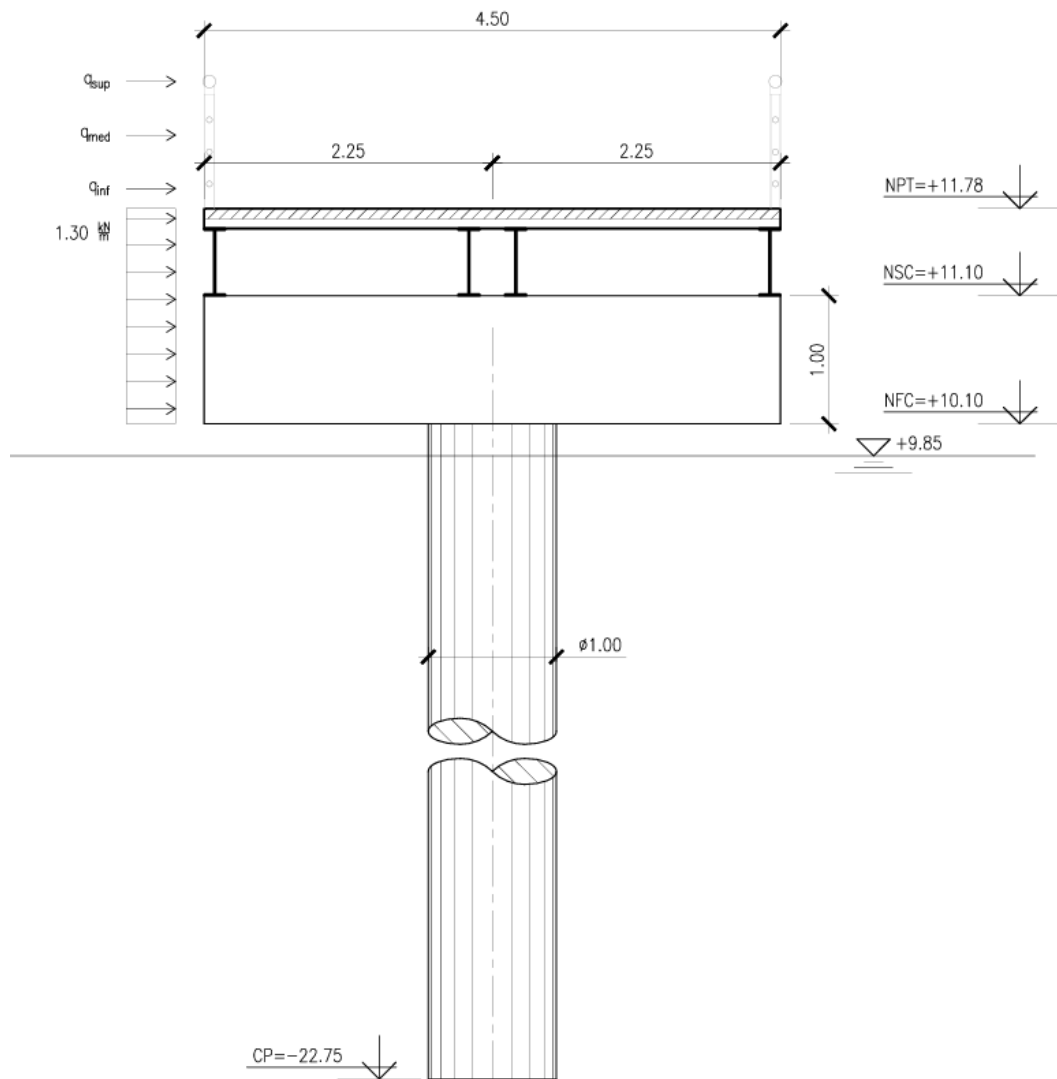


Ilustración 4.2-9 Presión de viento sobre la pasarela

Luego, se obtiene la fuerza y el momento resultantes sobre el pilote, que se cargarán en el software de cálculo.

4.2.4.3. Cargas D , L y W

Las acciones verticales que actúan sobre el pilote son:

- Sobrecarga y peso propio de la losa.
- Peso propio de las vigas W .

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

- Peso propio del cabezal.
- Peso propio del pilote (se aplica como carga tipo Selfweight en el software).
- Momento cuyo vector tiene dirección longitudinal de la pasarela, ocasionado por un estado de cargas en donde la muchedumbre se acumula sólo en la mitad de esta.

4.2.4.4. Estados de carga y combinaciones

Estados básicos:

- D: Peso propio
- L: Sobrecarga de muchedumbre
- W: Viento transversal a la corriente
- L1: Pasarela cargada en la mitad de su luz
- A: Acciones del agua en dirección de la corriente

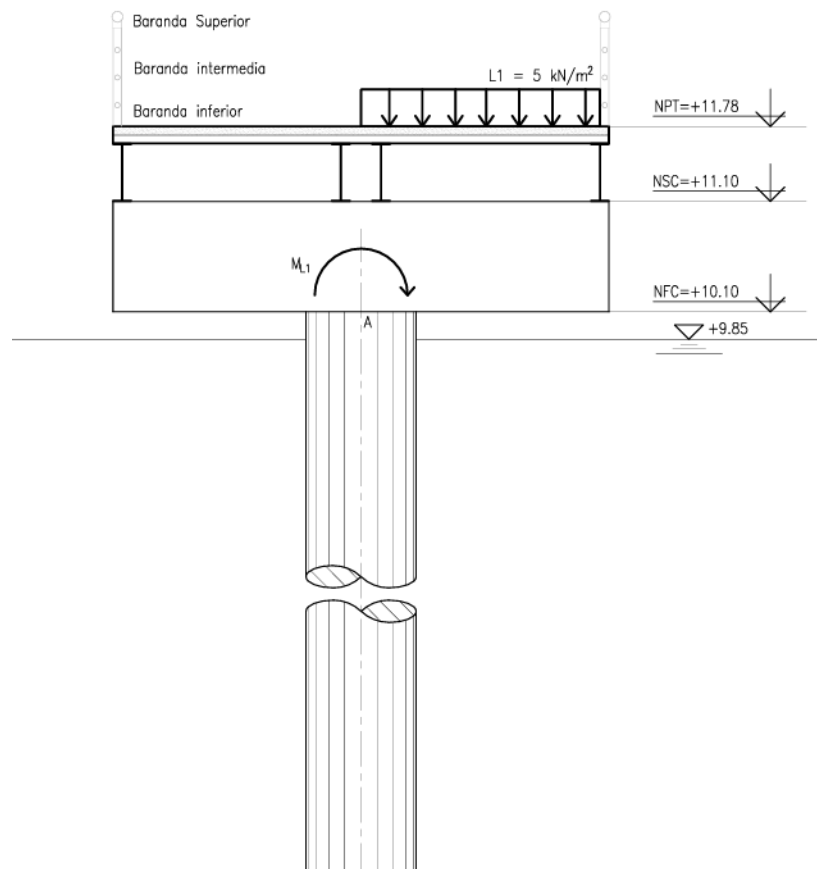


Ilustración 4.2-10 Momento debido a L1

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Combinaciones en Estados Límites Últimos:

- E1: 1,4 D
- E2: 1,2 D + 1,6 L + 1,6 A + 0,8 W
- E3: 1,2 D + 1,6 L1 + 1,6 A + 0,8 W
- E4: 1,2 D + 1,5 W + 0,5 L + 1,6 A
- E5: 1,2 D + 1,5 W + 0,5 L1 + 1,6 A
- E6: 0,9 D + 1,5 W

Combinaciones en servicio:

- E8: 0,7 D + 0,7 L + 0,7 W + 0,7 A
- E9: 0,7 D + 0,7 L1 + 0,7 W + 0,7 A

En la siguiente tabla, se ven las cargas correspondientes a los estados básicos D y L en la pasarela, en el cabezal y finalmente en el pilote.

Tabla 4.2-5 Cargas D y L.

Resumen de cargas		
Pasarela	Lc [m]	12
	qd viga [kN/m]	3.9
	ql viga [kN/m]	5.6
Cabezal	d pilote [m]	1
	b [m]	1.2
	h[m]	1
	L[m]	4.5
	Peso [kN]	135
Pilotes	Pilotes x cabezal	1
	A pilote [m2]	0.79
	Pd [kN]	322.4
	PI [kN]	270.0

En la próxima tabla, se muestran los estados de carga faltantes:

Tabla 4.2-6 Solicitaciones debido a W y L1

ESTADO BÁSICO			
W		L1	
Fuerza horizontal [kN]	Momento transv. [kNm]	Fuerza vertical [kN]	Momento transv. [kNm]
17.60	22.45	135	164.7

4.2.4.5. Consideraciones para el modelo de cálculo

Como se mencionó anteriormente, para realizar el modelo del pilote se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Separación de pilotes

La separación de pilotes coincide con la luz de las vigas. Como se mencionó anteriormente, estas son de 12 metros y el dimensionamiento nos arrojó un perfil aceptable. Lo que se buscó fue maximizar esta distancia para facilitar el transporte y el montaje, y disminuir la cantidad de pilotes. Si bien hacer esto implica aumentar las acciones verticales sobre los pilotes, veremos más adelante que el diseño de estos elementos no estará gobernado por resistencia, por lo que podemos tomar este criterio y no comprometer el dimensionamiento.

- Diámetro de los pilotes

El proceso de selección del diámetro de los pilotes fue iterativo. Inicialmente, se pensó una estructura fundada en dos pilotes, pero esta opción quedó descartada rápidamente porque se debían adoptar diámetros muy elevados para cumplir con los requisitos de rigidez, y además el efecto de grupo que se da por tener dos elementos que interrumpen la corriente a una distancia cercana empeoraba condiciones de erosión. Por lo tanto, se decidió que adoptar monopilotes es una alternativa más razonable. Habiendo tomado esta decisión, la condición de partida para nuestro diseño fue que, al ser un pilote sometido a flexión y corte, el diámetro mínimo es de 80 centímetros.

A partir de lo mencionado, el proceso iterativo consistió en realizar el modelo de cálculo, para el cual se tuvo en cuenta que variar el diámetro implica una variación en la profundidad de erosión y en las presiones ejercidas por el agua. Teniendo en cuenta estos puntos, se realizó el modelo a modo de predimensionamiento con un empotramiento perfecto en la base, para evaluar la resistencia y la rigidez. Como se mencionó previamente, la resistencia nunca fue un inconveniente en este diseño ya que las armaduras requeridas estuvieron siempre por debajo de la mínima. La rigidez sí fue un criterio determinante, la condición de deformación horizontal era la siguiente (CIRSOC 301 – APENDICE L):

$$- Def_{hm\acute{a}x} = \frac{L}{300}$$

A modo de resumen, el proceso de predimensionamiento fue el siguiente:

- Adopción de diámetro
- Cálculo de erosión

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

- Cálculo de acciones del agua (dependen del diámetro)
- Modelado del monopilote con acciones verticales en su punta, acciones horizontales, y un empotramiento perfecto en su base, y una longitud igual a la profundidad del lecho más la erosión resultante.
- Analizar deformaciones en servicio en la parte superior del pilote (se comporta idealmente como una ménsula, su máxima deformación es en la parte superior), y comparar con el valor límite. La deformación se obtiene de la composición de los vectores deformación según ambos ejes horizontales.

Al momento de llegar a un valor de diámetro que cumplía con el requisito de rigidez mencionado, el siguiente paso fue realizar en el programa un análisis P-Delta (análisis en segundo orden), para evaluar la amplificación de los esfuerzos y los desplazamientos teniendo en cuenta la acciones sobre la configuración deformada de la estructura. Con los esfuerzos, la situación siguió de igual manera, pero con los desplazamientos lo que se buscó verificar fue que la relación de los máximos desplazamientos en estados límites últimos entre el análisis de segundo orden y el análisis de primer orden no supere un 70% (método de análisis directo).

$$\frac{Defh_{2^{\circ}orden}}{Defh_{1^{\circ}orden}} < Def_{hm\acute{a}x}$$

El diámetro que cumplió con los requisitos de rigidez en primer y segundo orden es de 1 metro.

Luego de este predimensionamiento, se procedió a modificar el modelo tomando el suelo como un medio elástico, teniendo en cuenta la variación de su resistencia a medida que va aumentando la profundidad, para poder definir la profundidad a la que el pilote va a penetrar en el lecho del río. Una vez modelado el empotramiento elástico, se nota en la *Tabla 4.2-7 Deformaciones horizontales* que la deformación máxima supera a la admisible, pero se consideró aceptable ya que no la supera en un porcentaje muy elevado. Respecto a la amplificación de los desplazamientos en ELU haciendo el análisis en 2do Orden, expresados en la *Tabla 4.2-8 Análisis de 2do Orden*, se arrojan valores admisibles. Por lo tanto, concluimos que el diseño es adecuado. El estado determinante para deformaciones en servicio es el **E9**: $0,7 D + 0,7 L1 + 0,7 W + 0,7 A$.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Tabla 4.2-7 Deformaciones horizontales

Deformaciones máximas en servicio				
Modelo	Estado	Deformación Máx.	Deformación Adm.	¿Verifica?
Emp. perfecto	E9	41.6	58.7	SI
Suelo elastico	E9	72.3		NO

Tabla 4.2-8 Análisis de 2do Orden

Efectos de 2do Orden			
Modelo	Estado	1°Orden/2°Orden	¿Verifica?
Emp. perfecto	E2	1.1	SI
Suelo elastico	E2	1.2	NO

- El estado determinante para resistencia es el **E5**: $1,2 D + 1,5 W + 0,5 L1 + 1,6 A$. En la imagen siguiente se muestra cómo están aplicadas las cargas que generan flexocompresión oblicua en el pilote.

A continuación, se muestran los diagramas de esfuerzos concomitantes, correspondientes al estado **E5**, y una tabla resumen correspondiente al dimensionamiento a flexocompresión oblicua y corte del pilote.

Tabla 4.2-9 Dimensionamiento a corte y flexión

DIMENSIONAMIENTO	
Flexión	
ρ	1%
Ag [cm ²]	7853.98
As [cm ²]	78.54
As adop. [cm ²]	81.64
Armadura	26 Ø 20
Corte	
Vn [kN]	189.65
Vc [kN]	730.30
Vc > Vn?	Si, B.C.
Av min1	8.15
Av min2	7.86

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**

Baudracco, Ferroni, Riccardi

Av min	8.15
ϕ	10
Separación	9.69
Armadura	ϕ 10 c/ 9 cm

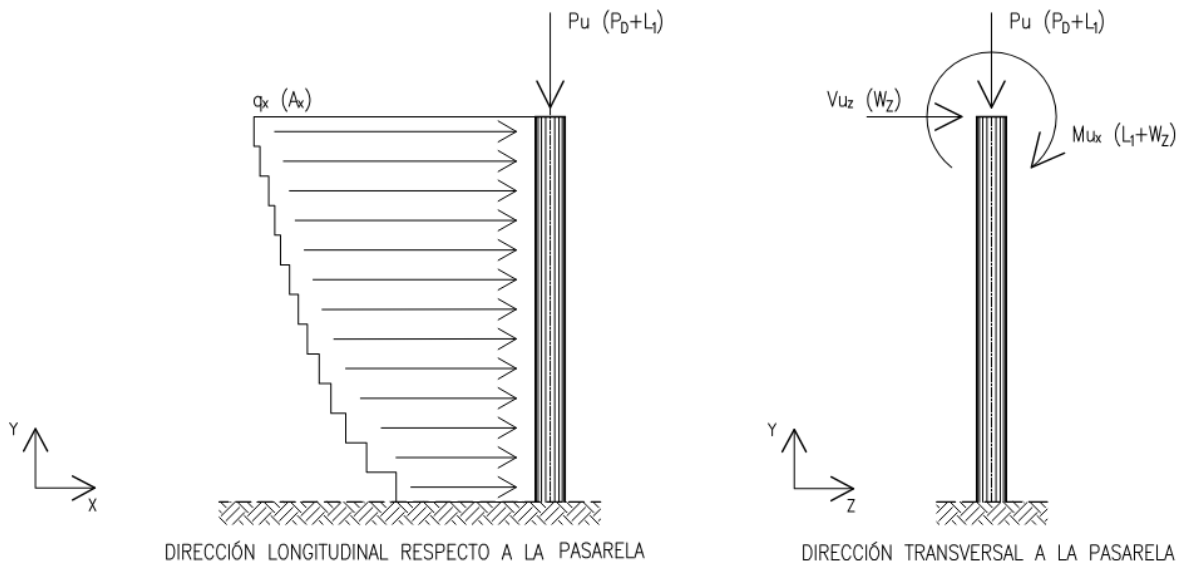


Ilustración 4.2-11 Cargas sobre el pilote – E5

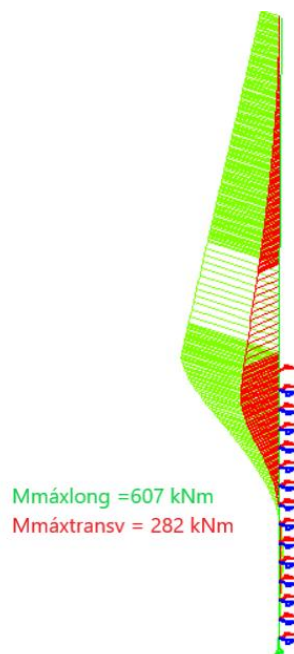


Ilustración 4.2-12 Momentos flectores de dimensionamiento

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi

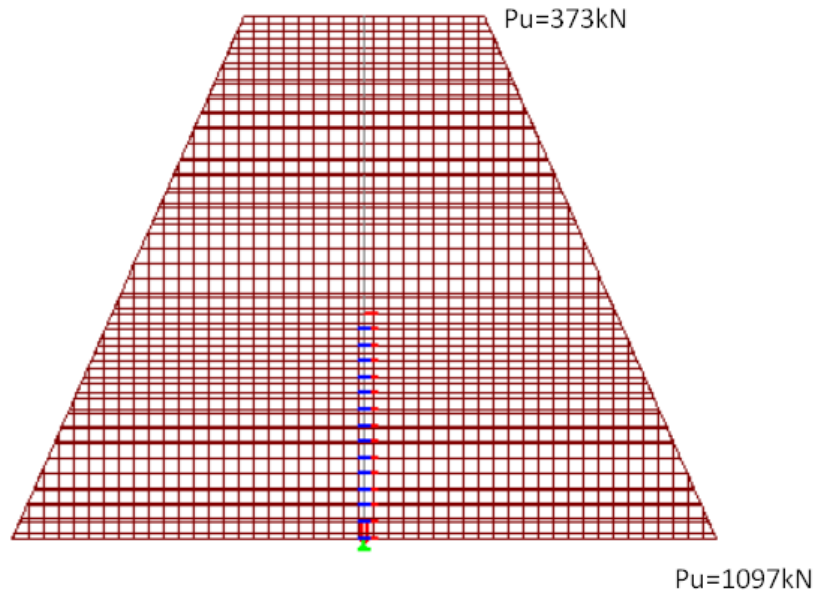


Ilustración 4.2-13 Esfuerzos axiales máximos de dimensionamiento.

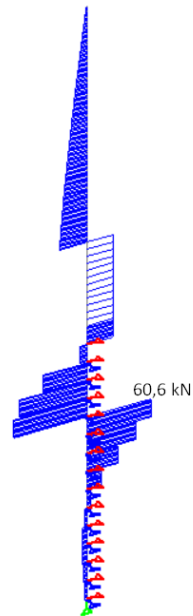


Ilustración 4.2-14 Esfuerzo de corte longitudinal

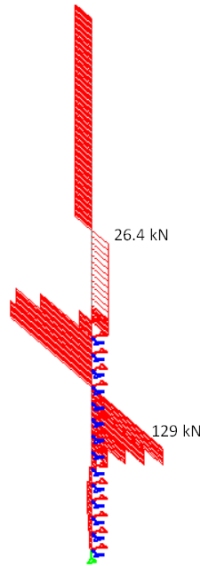


Ilustración 4.2-15 Esfuerzo de corte transversal

5. Conclusiones y recomendaciones

Luego de abordar una problemática real a través de la propuesta académica presentada nos surgen diversos aspectos sobre los cuales podemos reflexionar.

Para comenzar, el estudio, el análisis y la gestión de un proyecto implantado en un terreno ocupado por privados, pero que son de jurisdicción del Estado por estar en camino de sirga, refuerzan la importancia de la preservación de la información histórica. Lo mencionado anteriormente y el hecho de no tener certeza de la precisa ubicación de las antiguas estructuras existentes, han sido un desafío para poder incorporar y aplicar diversos conocimientos técnicos.

En cuanto a la posible ejecución de las obras proyectadas, como las mismas pertenecen a jurisdicciones distintas, la ejecución de ellas podría realizarse de manera independiente y en función de las posibilidades económicas. La rehabilitación del sector desmoronado posibilitaría la reaparición de un sector perteneciente al Club Mitre, que le aportaría a este mayor actividad social y económica que la que posee hoy en día. Por su parte, el paseo no presenta impedimentos para la ejecución, pero cabe destacar que, para completar la obra, sería necesario contar con la explanada que ya fue proyectada a la altura del colegio Parque España para poder completar la obra.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Respecto al desarrollo urbano de la ciudad, llevar a cabo un paseo que cuenta con un punto panorámico, contribuye a la importancia de generar espacios públicos, teniendo especial enfoque en la inclusión y la relación que presenta la ciudad de Rosario con un accidente geográfico de semejantes dimensiones, que es el Río Paraná. Es decir, se buscó poder materializar una obra que continúe con el plan de recuperar la vista al río, terminando con la antigua Rosario, la cual creció dándole la espalda al mismo. En paralelo, se planteó la construcción de una escalera que permita el acceso a la pasarela y al parque, de manera de generar un circuito con una accesibilidad más completa. Cabe destacar que, si bien la misma se presentó a modo de anteproyecto, fue pensada bajo el mismo criterio de generar un vínculo con el río a través de “balcones” a distintos niveles.

Respecto a las cuestiones técnicas, se presenta la solución para la rehabilitación y ejecución de la pasarela en un grado de Ingeniería Básica, dejando para un futuro los detalles particulares presentes en un Legajo de Obra. Tanto la estructura de la pasarela como los elementos a utilizar para materializar la protección y contención de la zona desmoronada, son afectados por las acciones del agua, por lo tanto, fueron diseñados para cumplir con un adecuado grado de seguridad, y para cumplir con una vida útil relacionada a su funcionamiento y magnitud de modo tal que las propuestas sean eficientes y ambientalmente amigables. Si bien para la estructura de la pasarela se estudiaron tanto la resistencia como las deformaciones, este último aspecto resultó determinante para su dimensionamiento quedando holgadamente verificada la resistencia. Por otro lado, en cuanto a la resolución adoptada para ejecutar la rehabilitación de la margen en el Club Mitre, cabe aclarar que es una alternativa adecuada, pero no necesariamente la única. Basta con observar la documentación municipal sobre las obras realizadas en otros sectores del Parque España para comprobar que se ha recurrido a otras opciones que también resultaron válidas. En el presente informe no se realizó una comparativa de las diferentes opciones dado que excede los plazos y alcances de este trabajo académico.

Si bien todas las obras fueron pensadas de manera de minimizar el grado de mantenimiento que necesitarían, hay que resaltar la importancia que tiene el control y mantenimiento tanto por parte del municipio como por parte del club, dado que se trata de estructuras expuestas a las acciones de agua y viento, generando estos estados de cargas agresivos.

Se destaca el hecho de haber abarcado distintas áreas de la ingeniería para llevar a cabo el proyecto, incluyendo las consideraciones técnicas que permitieron lograr un proyecto inclusivo, integral y sustentable, donde los usuarios puedan disfrutar y realizar sus actividades en un entorno seguro y accesible. Dentro de las ramas incluidas tenemos estructura, hidráulica, geotécnica y ambiental.

Finalmente, no queremos dejar pasar la oportunidad de agradecer la colaboración en la elaboración del presente informe de los docentes de la cátedra Ing. Claudia Forestieri, Ing. Andrés Hazan, Arq. Cristina Cervera e Ing. Margarita Portapila. También, a los asesores Msc. Ing. Nicolás Bolcatto, Dr. Ing. Pedro Basile y Dr. Ing. Gerardo Riccardi.

6. Bibliografía

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *“Recuperación del frente costero del río Paraná en la Ciudad de Rosario, Argentina”*.
- Ing.P.A. Basile. (2018). *“Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales”*. Universidad de Rosario. Santa Fe, Argentina.
- Prof. Ing. Augusto José Leoni. *“Parametrización de suelos”*. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Sanjay Kumar Shukla. (2016). *“An Introduction to Geosynthetic Engineering”*.
- Secretaría de Obras Públicas, Municipalidad de Rosario. (2012). *“CONTROL Y PRESERVACIÓN ESTRUCTURAL DE LA COSTA NORTE Y CENTRAL SOBRE EL RÍO PARANÁ EN LA CIUDAD DE ROSARIO”*.
- Torres y Vercelli. (2021). *“ESTUDIO GEOTÉCNICO E INFORME DE ASESORAMIENTO TÉCNICO”*. Rosario, Argentina.
- *REGLAMENTO DE EDIFICACIÓN MUNICIPALIDAD DE ROSARIO*

7. Planos

Plano N°1: **Croquis de ubicación y entorno.**

Plano N°2: **Planta general.**

Plano N°3: **Estructura de contención.**

Plano N°4: **Estructura pasarelas.**

Plano N°5: **Perfil stratigráfico.**

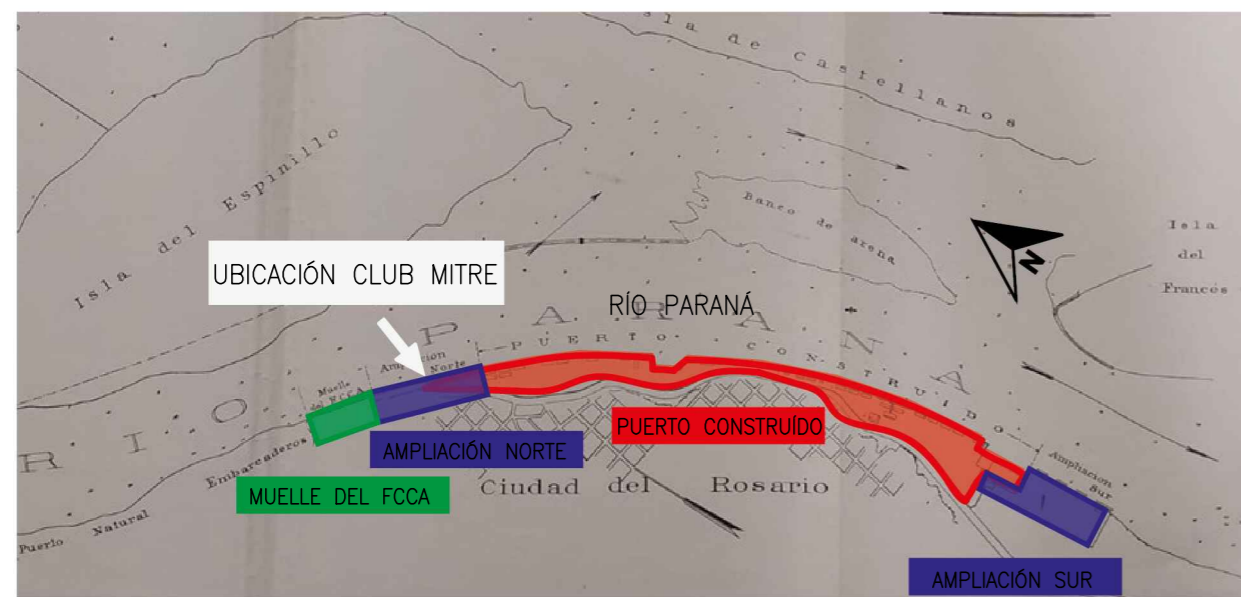
Plano N°6: **Esquema punto panorámico.**

Plano N°7: **Planta general nueva escalera.**

Plano N°8: **Arquitectura Club Mitre y acceso a paseo peatonal.**



CIUDAD DE ROSARIO.
EN ROJO ZONA ANTIGUAMENTE PORTUARIA DE INTERÉS AL PROYECTO.



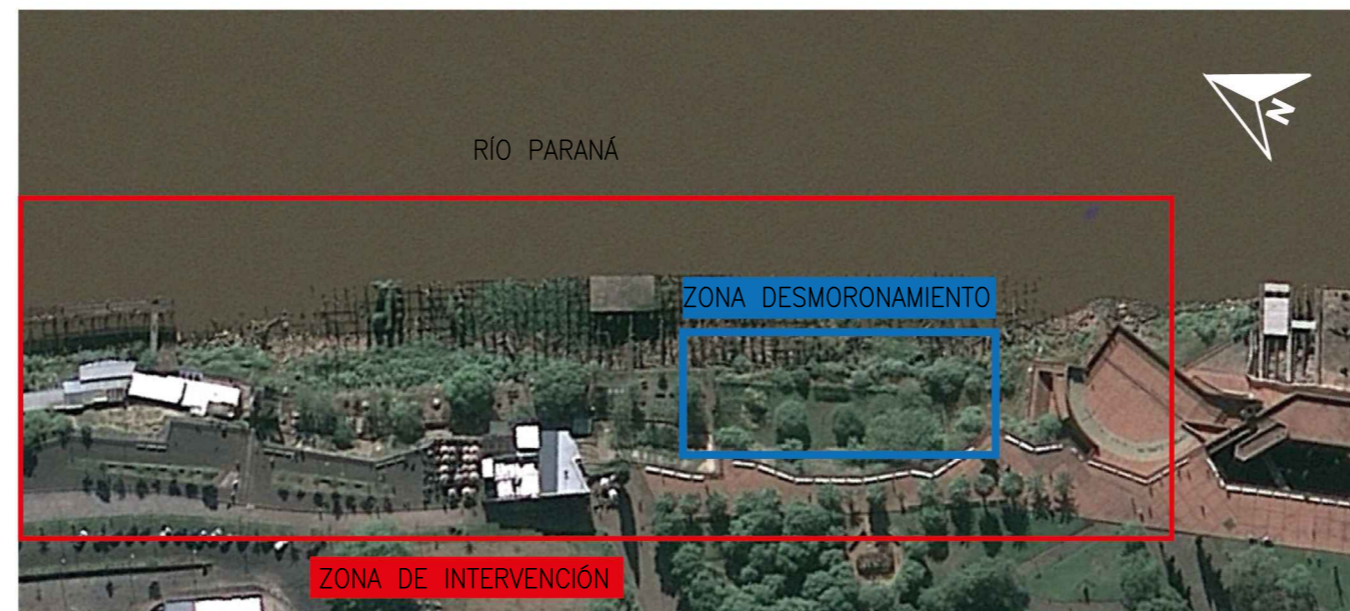
ANTIGUO PUERTO DE ROSARIO CON SUS AMPLIACIONES Y UBICACIÓN DEL CLUB MITRE.



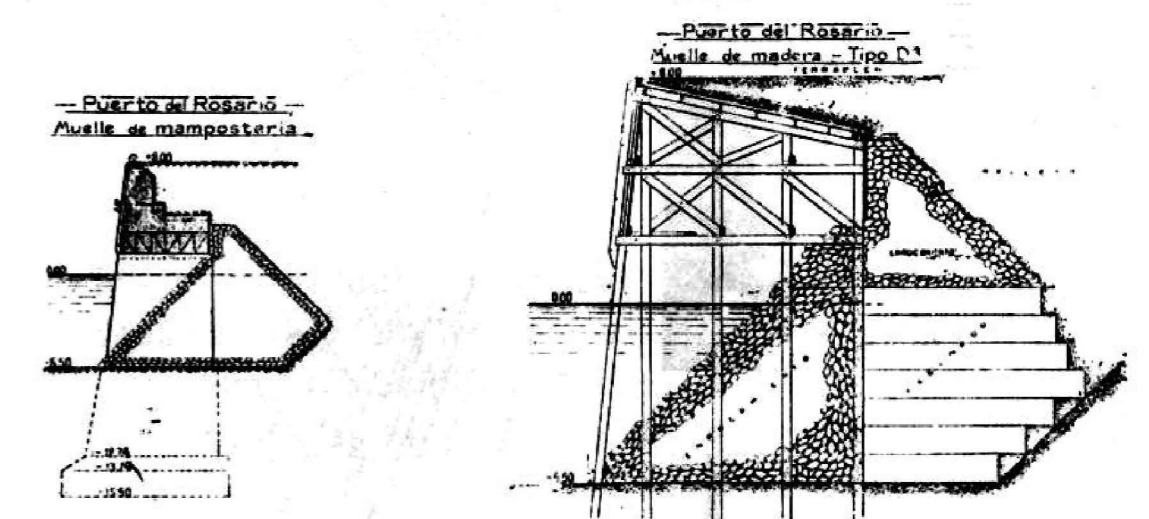
ANTIGUO PUERTO DE ROSARIO CON SUS AMPLIACIONES EN LA GEOGRAFÍA ACTUAL DE LA CIUDAD



CROQUIS DE UBICACIÓN DE ZONA DE INTERÉS. SITUACIÓN ACTUAL



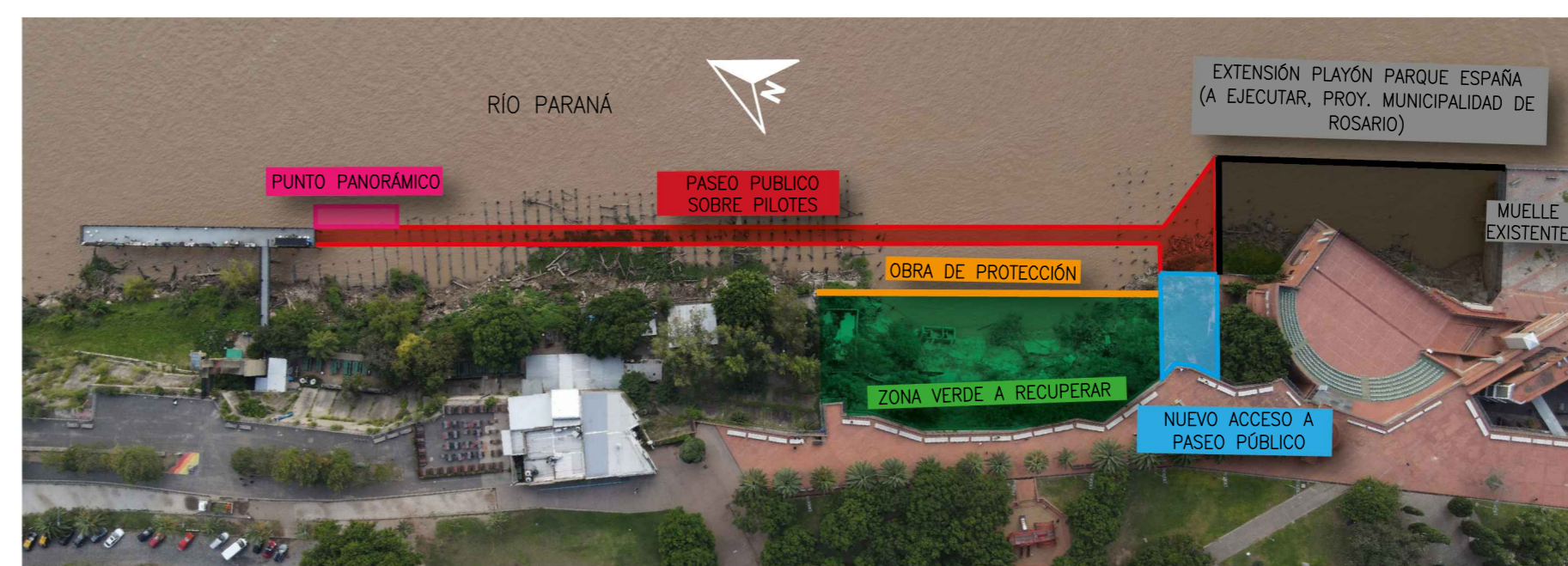
ARRIBA, SITUACIÓN DEL CLUB MITRE PREVIO AL DESMORONAMIENTO (IMAGEN AÑO 2009).
ABAJO, SITUACIÓN ACTUAL DEL CLUB MITRE (IMAGEN AÑO 2024).



ESTRUCTURAS TÍPICAS ANTIGUOS MUELLES PUERTO ROSARIO.
Fuente: Dirección General de Navegación y Puertos.
Ministerio de Obras Públicas



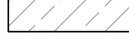


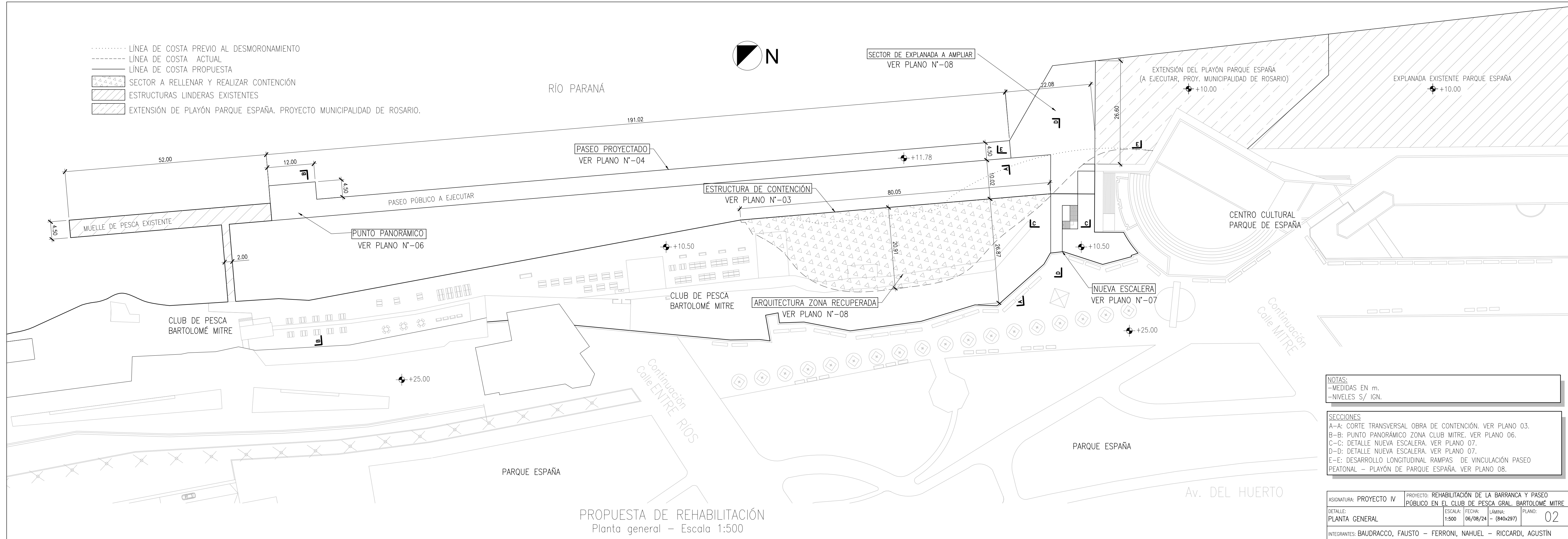
RESTOS DE ESTRUCTURAS DE ANTIGUOS MUELLES PUERTO ROSARIO (AÑO 2009).



CROQUIS PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE			
DETALLE: CROQUIS DE UBICACIÓN Y ENTORNO	ESCALA: -	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: A2 (594x420)	PLANO: 01
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTIN				

- LÍNEA DE COSTA PREVIO AL DESMORONAMIENTO
- LÍNEA DE COSTA ACTUAL
- LÍNEA DE COSTA PROPUESTA
-  SECTOR A RELLENAR Y REALIZAR CONTENCIÓN
-  ESTRUCTURAS LINDERAS EXISTENTES
-  EXTENSIÓN DE PLAYÓN PARQUE ESPAÑA. PROYECTO MUNICIPALIDAD DE ROSARIO.

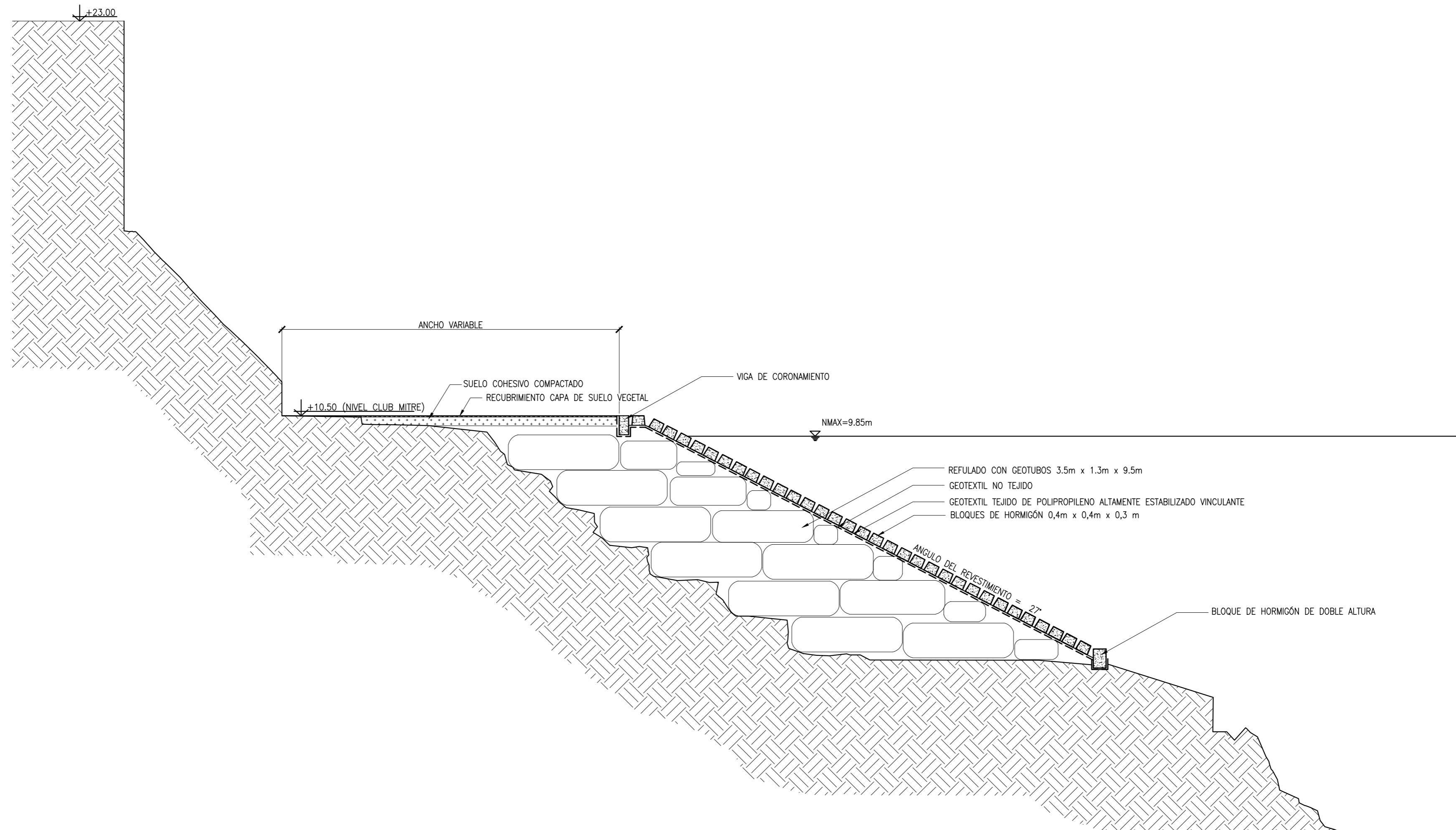


PROPUESTA DE REHABILITACIÓN
Planta general - Escala 1:500

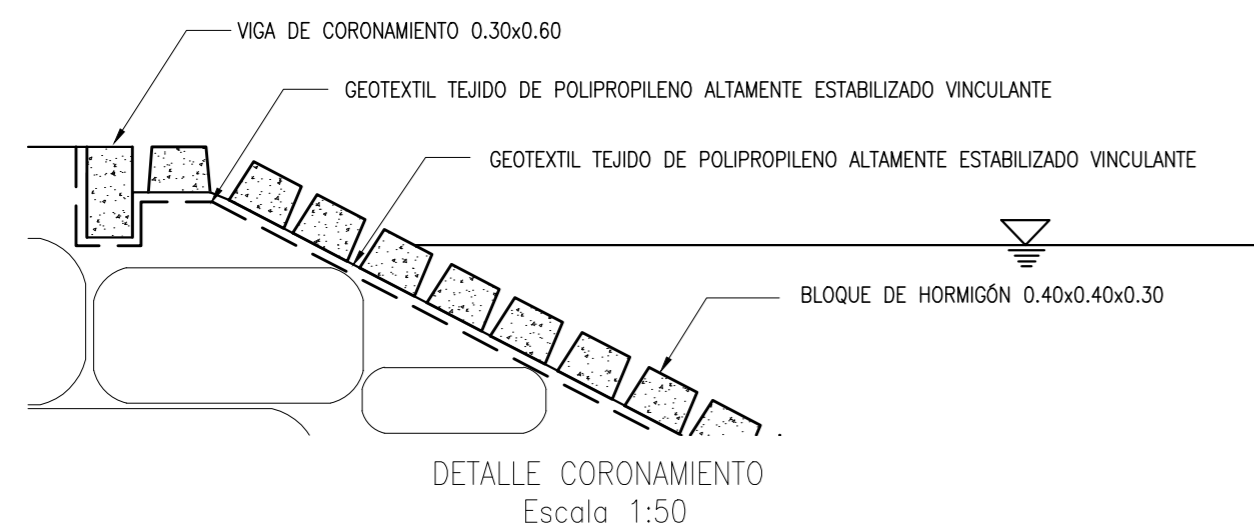
NOTAS:
-MEDIDAS EN m.
-NIVELES S/ IGN.

SECCIONES
A-A: CORTE TRANSVERSAL OBRA DE CONTENCIÓN. VER PLANO 03.
B-B: PUNTO PANORÁMICO ZONA CLUB MITRE. VER PLANO 06.
C-C: DETALLE NUEVA ESCALERA. VER PLANO 07.
D-D: DETALLE NUEVA ESCALERA. VER PLANO 07.
E-E: DESARROLLO LONGITUDINAL RAMPAS DE VINCULACIÓN PASEO PEATONAL - PLAYÓN DE PARQUE ESPAÑA. VER PLANO 08.

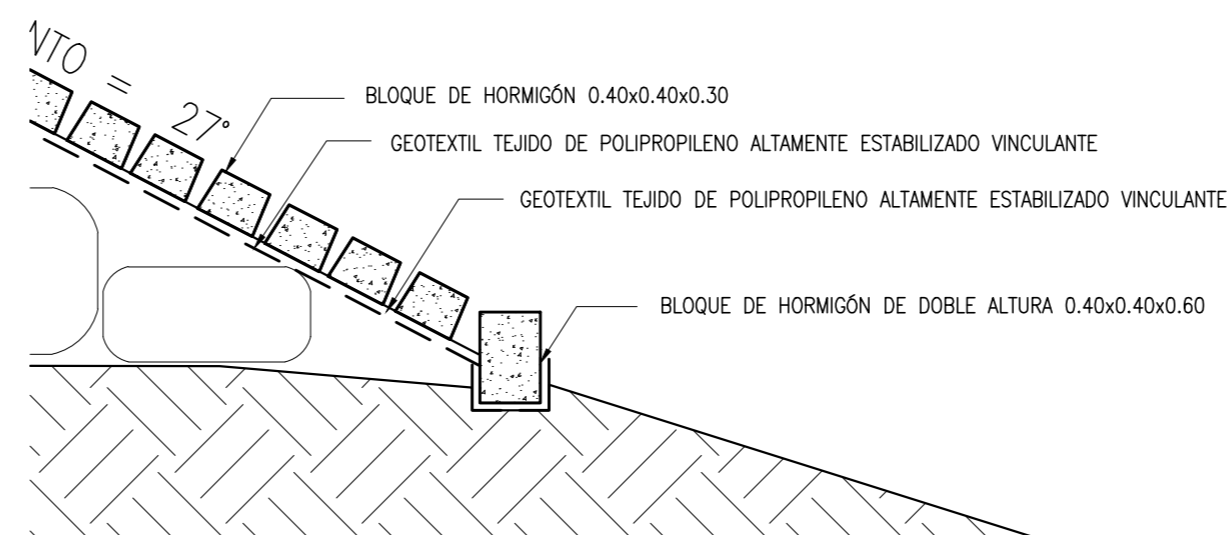
ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE			
DETALLE: PLANTA GENERAL	ESCALA: 1:500	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: (840x297)	PLANO: 02
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN				



CORTE TRANSVERSAL CONTENCIÓN
Sección A-A – Escala 1:100



DETALLE CORONAMIENTO
Escala 1:50

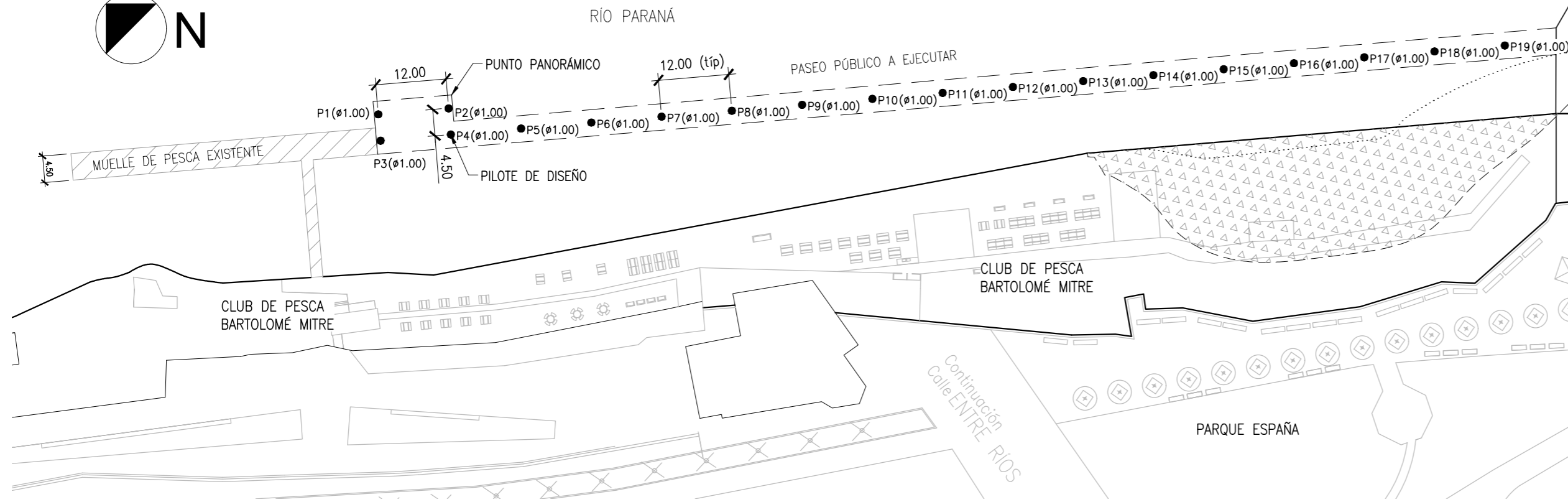
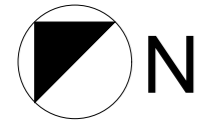


DETALLE INFERIOR
Escala 1:50

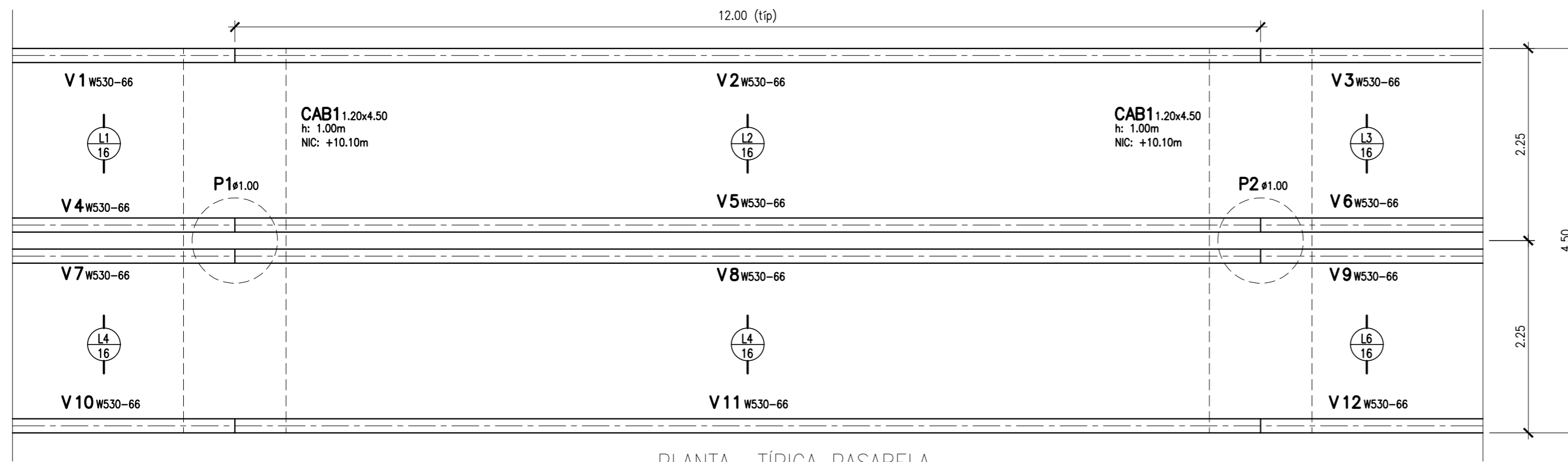
NOTAS:
-LA COLOCACIÓN DE LOS GEOTUBOS SE AJUSTARÁ EN OBRA.
-MEDIDAS EN m.
-NIVELES S/ IGN.
-EL ANCHO DE LA CONTENCIÓN ES VARIABLE A LO LARGO DE TODA LA ZONA DESMORONADA.

MATERIALES
- HORMIGÓN H-30
- ACERO ADN-420

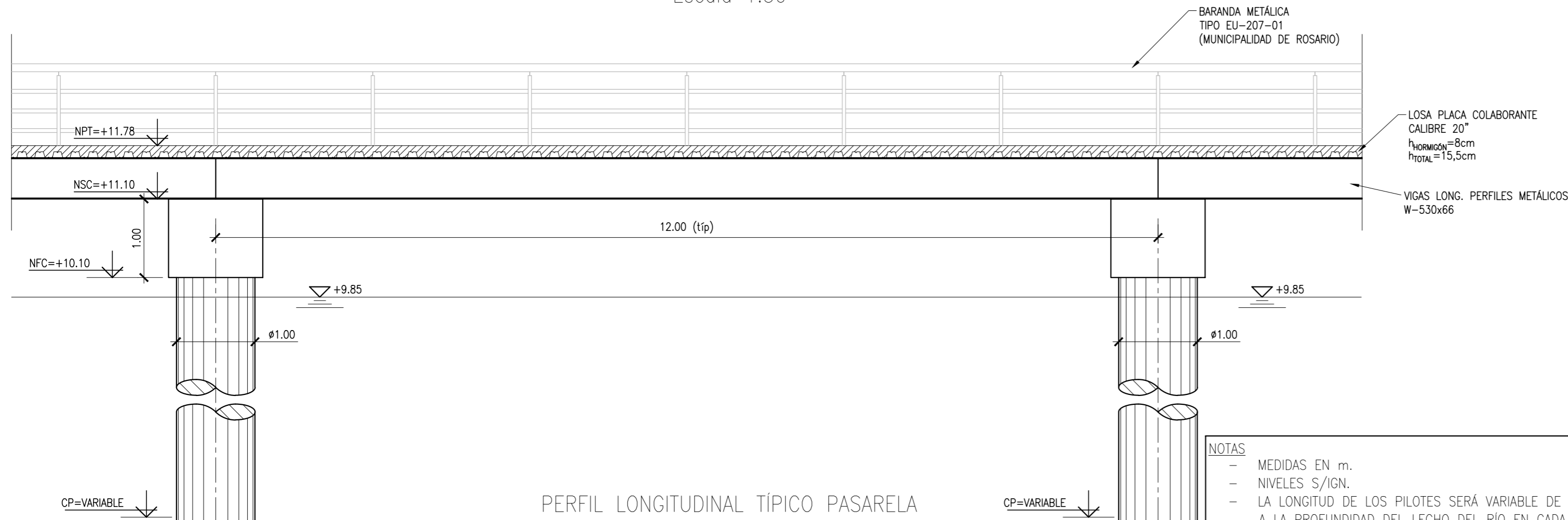
ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE
DETALLE: ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN	ESCALA: - FECHA: 06/08/24 LÁMINA: A2 (59x420) PLANO: 03
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN	



PLANTA DE UBICACIÓN DE PILOTES
Escala 1:800

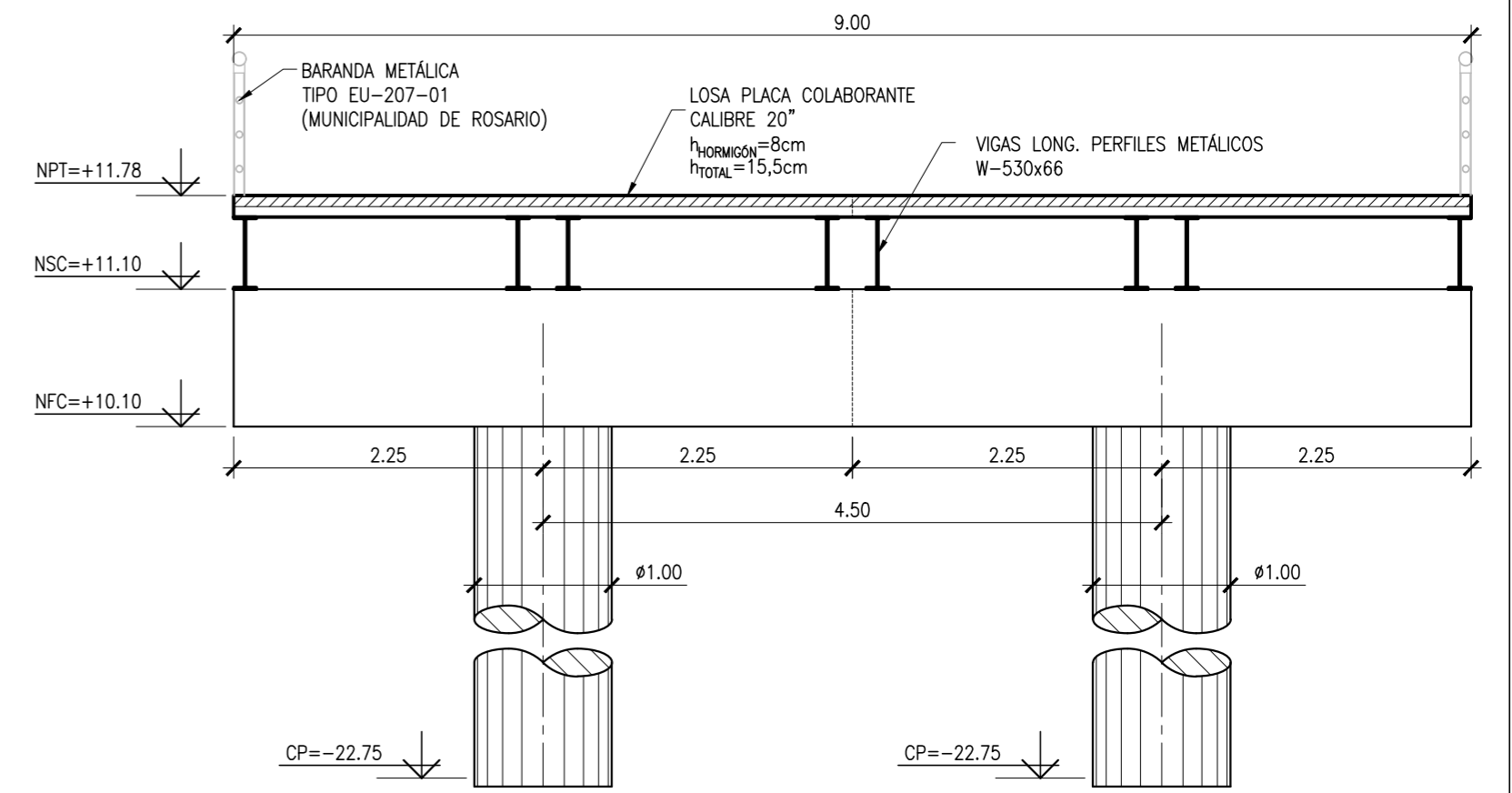


PLANTA TÍPICA PASARELA
Escala 1:50

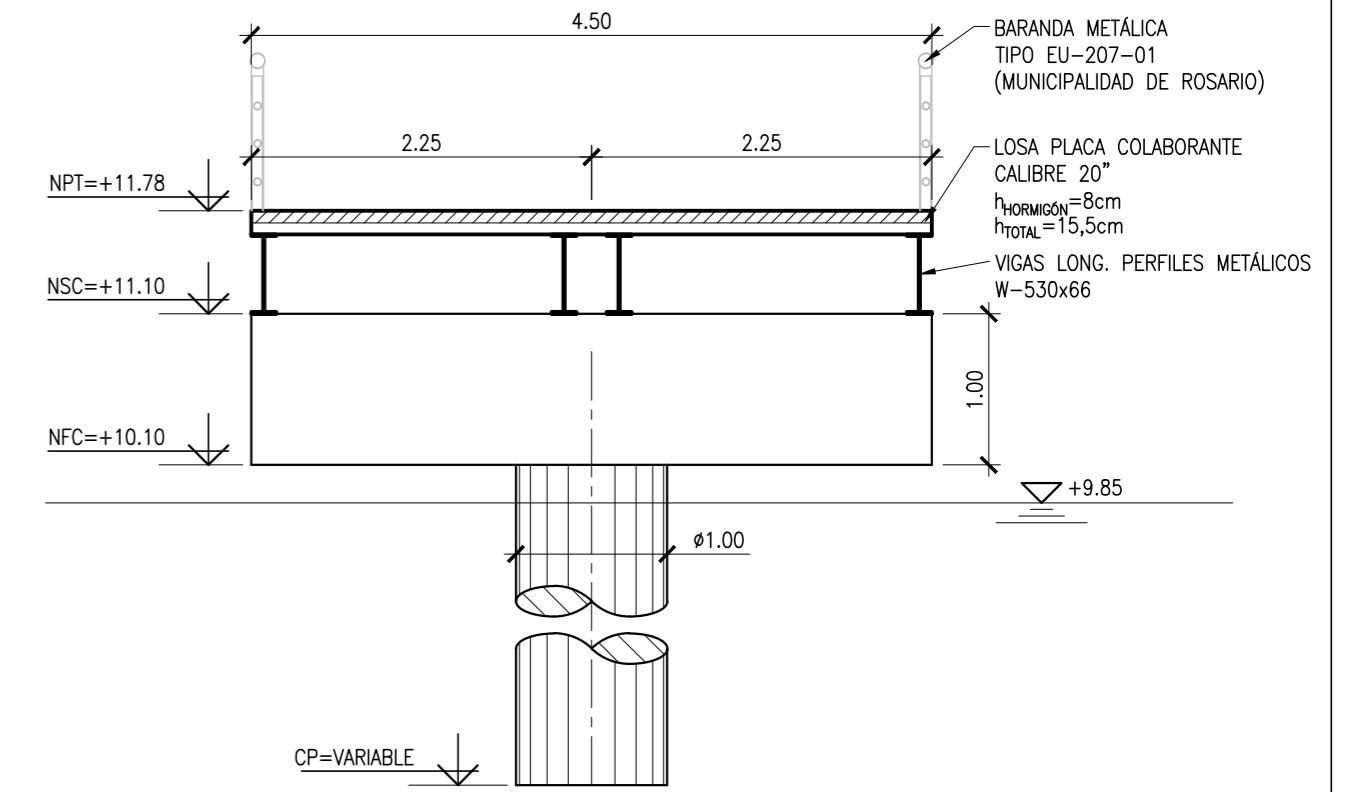


PERFIL LONGITUDINAL TÍPICO PASARELA
Escala 1:50

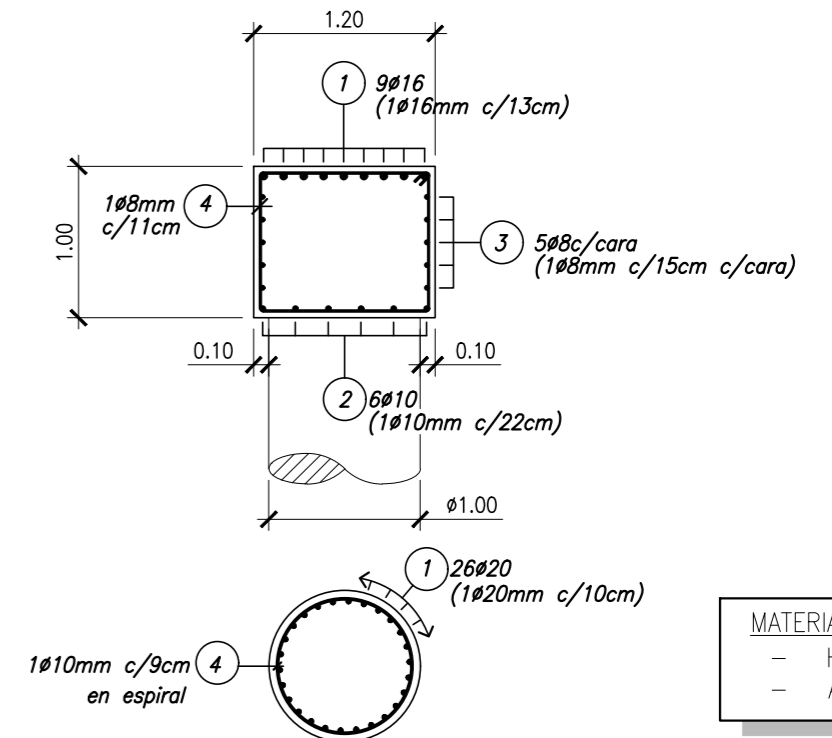
- NOTAS**
- MEDIDAS EN m.
 - NIVELES S/IGN.
 - LA LONGITUD DE LOS PILOTES SERÁ VARIABLE DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD DEL LECHO DEL RÍO EN CADA POSICIÓN.



SECCIÓN TRANSVERSAL ZONA PUNTO PANORÁMICO
Escala 1:50



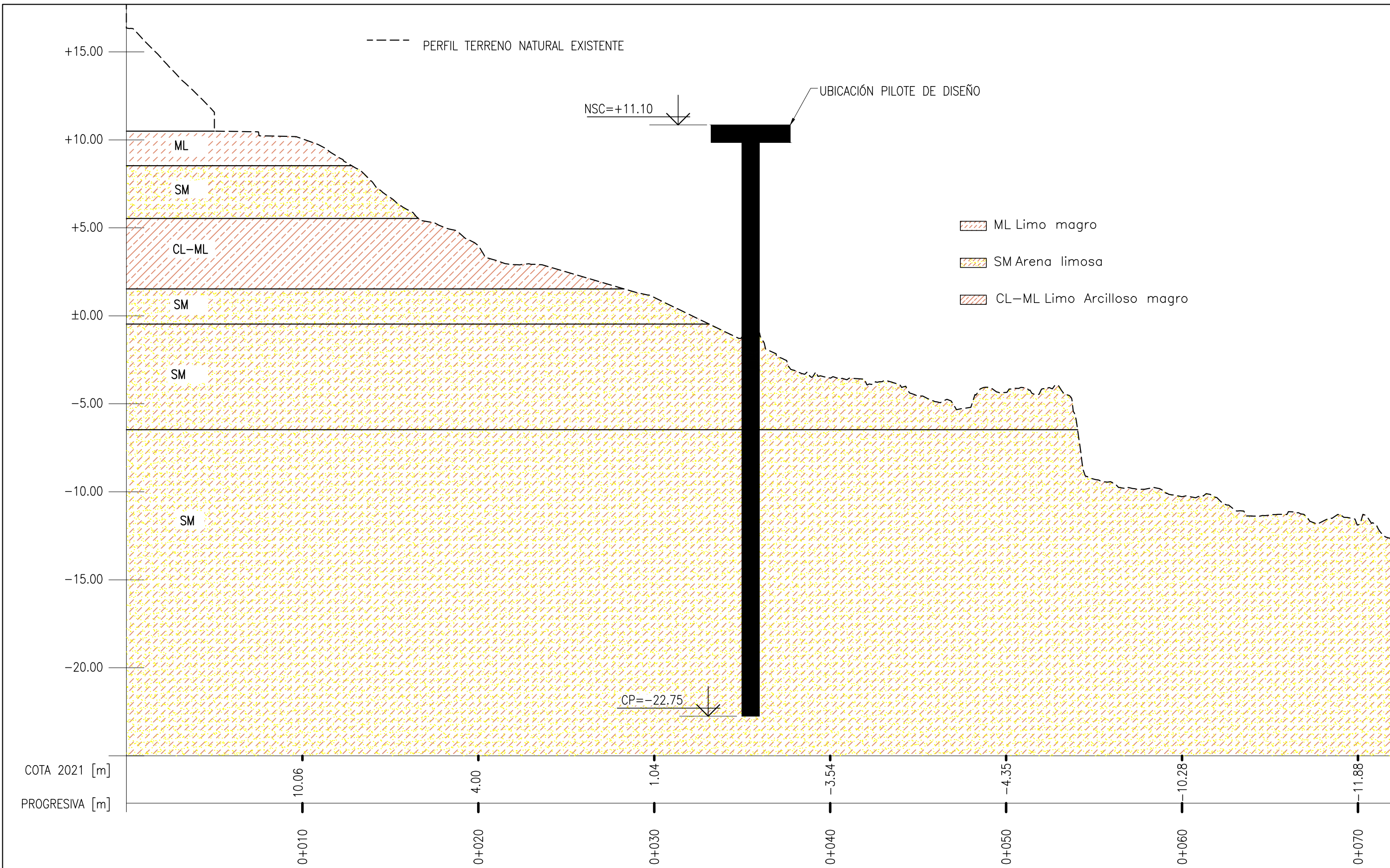
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA
Escala 1:50



- MATERIALES**
- HORMIGÓN H-30
 - ACERO ADN-420

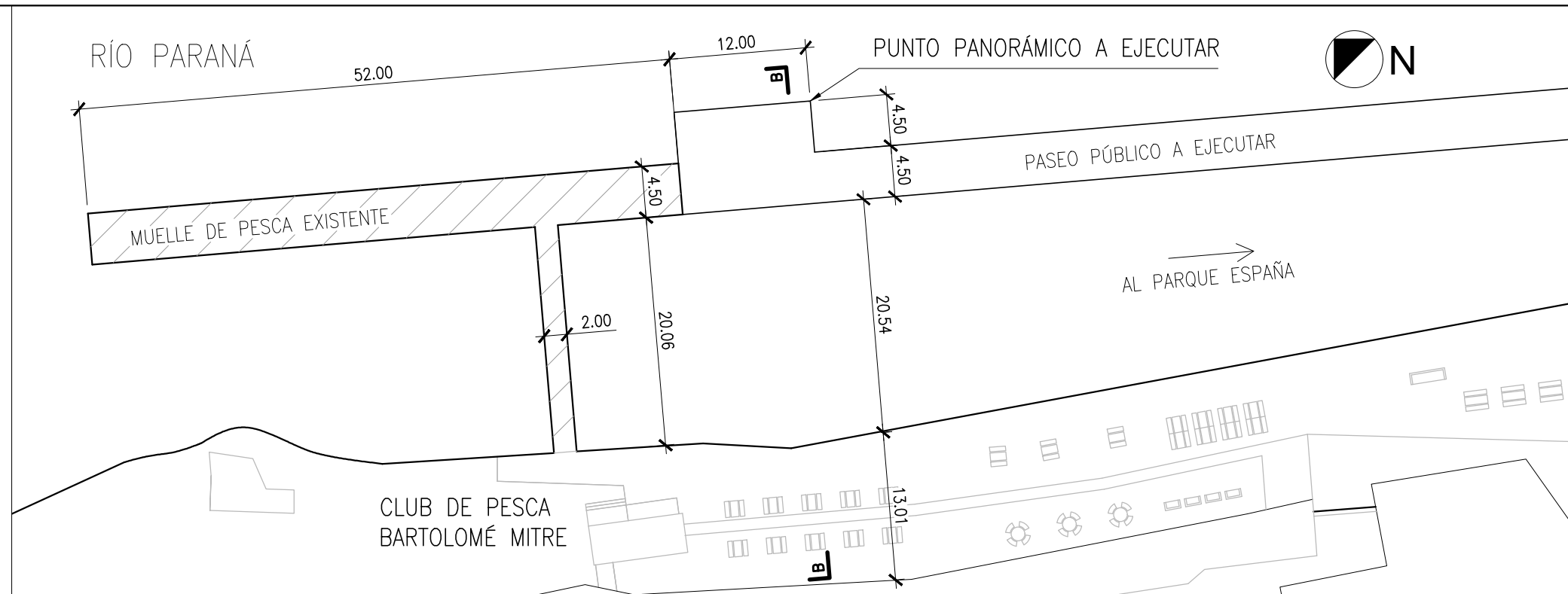
DETALLE ARMADURA CABEZAL Y PILOTE
Escala 1:50

ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE
DETALLE: ESTRUCTURA PASARELAS	ESCALA: FECHA: LÁMINA: PLANO: 04
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN	

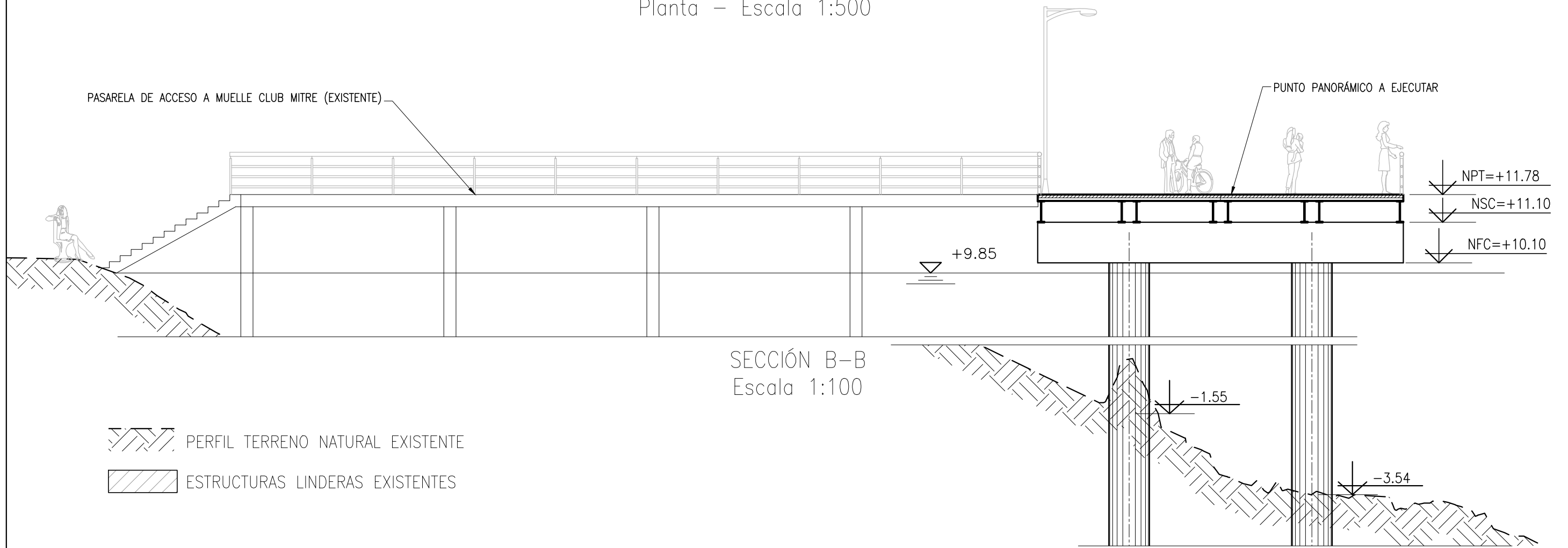


PERFIL ESTRATIGRÁFICO ZONA CLUB MTIRE
Escala 1:50

ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE			
DETALLE: PERFIL ESTRATIGRÁFICO	ESCALA: -	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: A3 (420x297)	PLANO: 05
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN				



PUNTO PANORÁMICO ZONA MUELLE CLUB MITRE
Planta - Escala 1:500

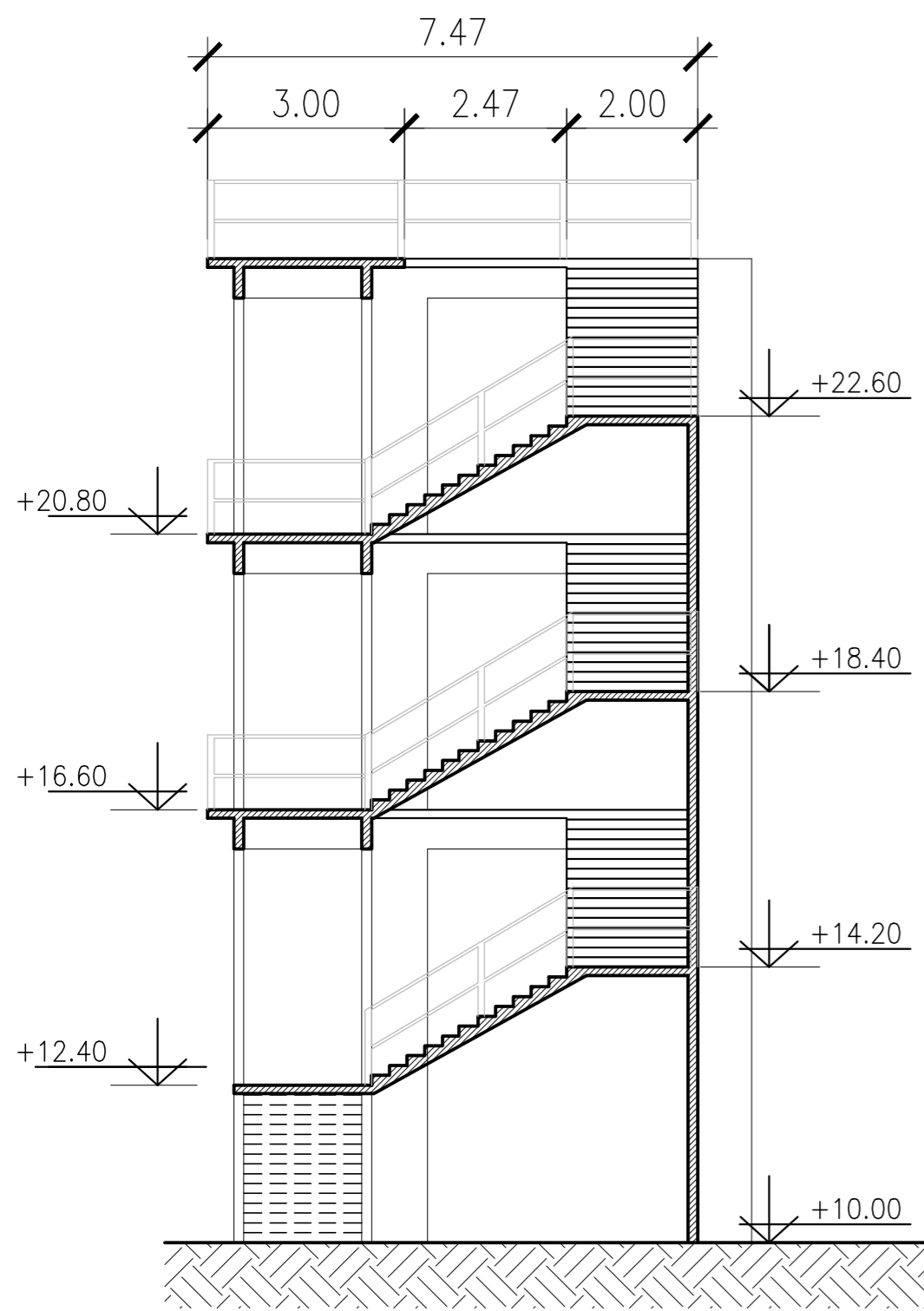


SECCIÓN B-B
Escala 1:100

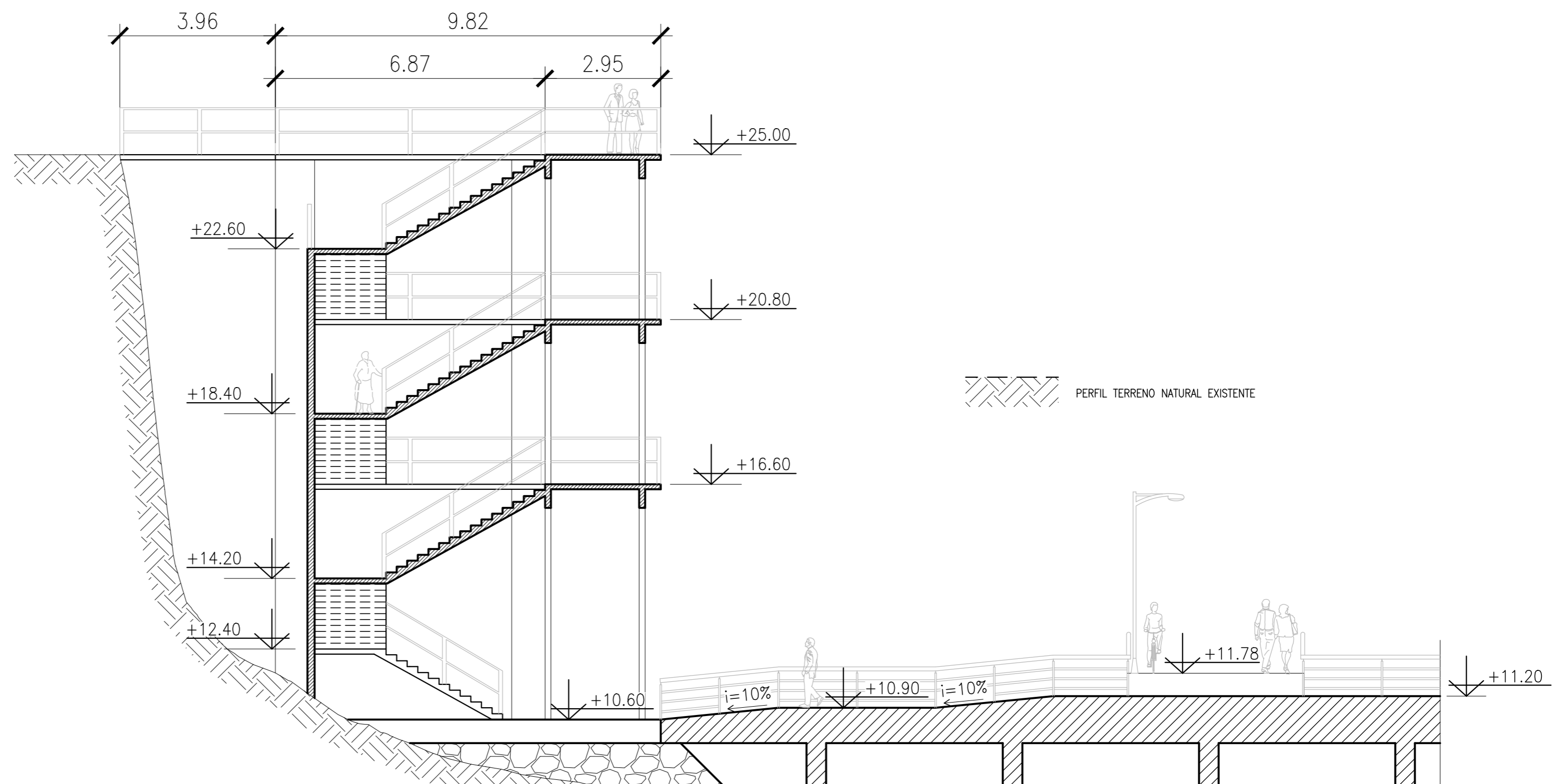
NOTAS:
-MEDIDAS EN m.
-NIVELES S/ IGN.

MATERIALES
- HORMIGÓN H-30
- ACERO ADN-420

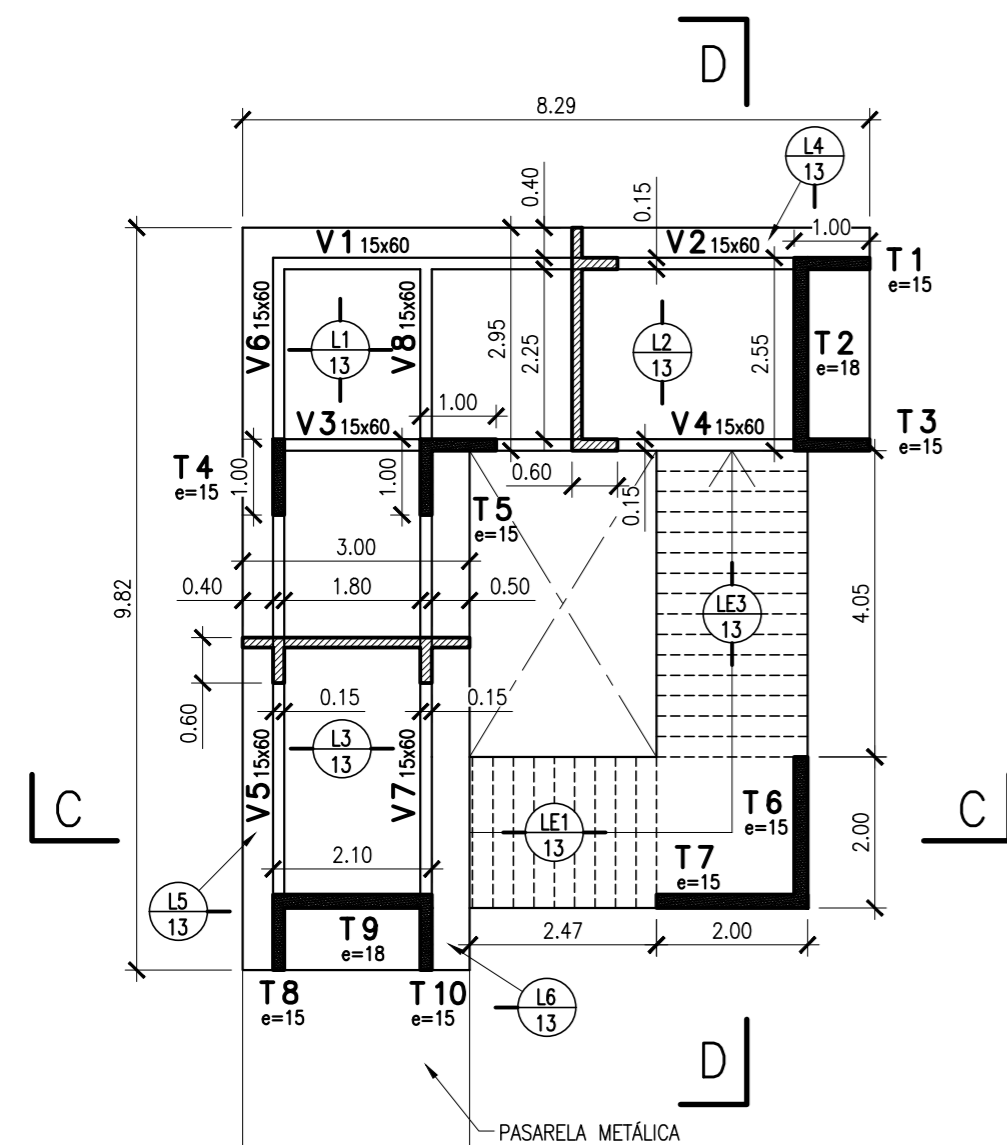
ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE			
DETALLE: ESQUEMA PUNTO PANORÁMICO	ESCALA: -	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: A3 (420x297)	PLANO: 06
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN				



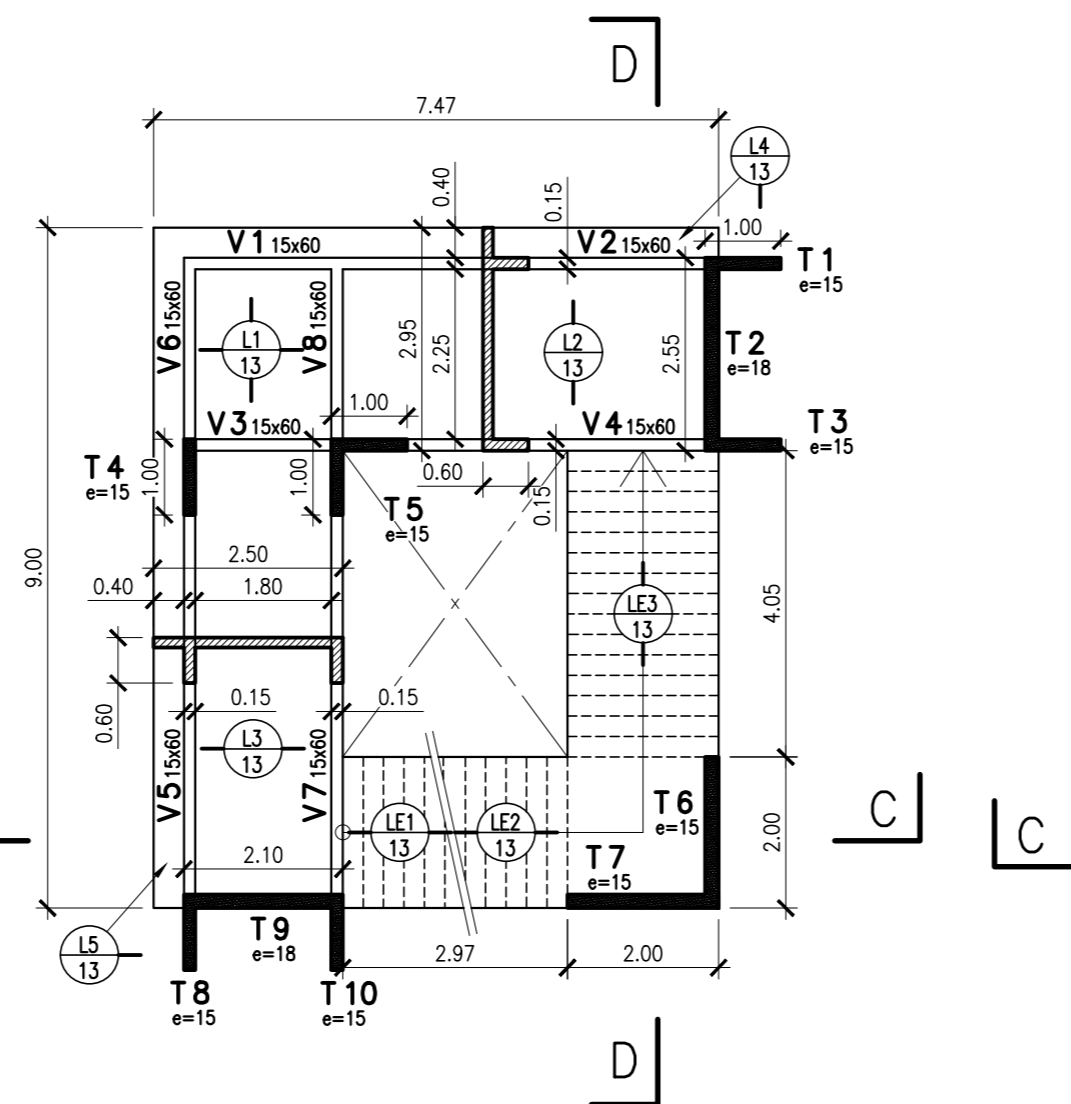
DETALLE NUEVA ESCALERA
Corte C-C - Escala 1:100



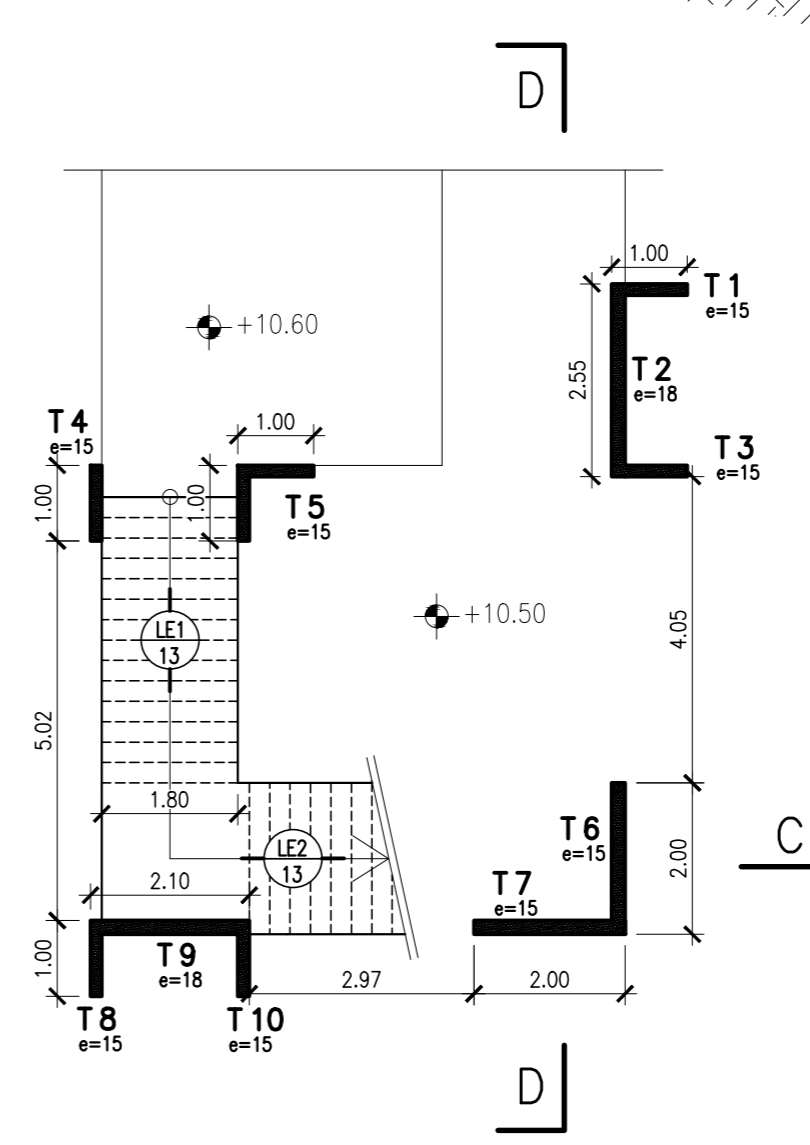
DETALLE NUEVA ESCALERA
Corte D-D - Escala 1:100



ESTRUCTURA S/NIVEL +25.00
Escala 1:100



ESTRUCTURA S/PLANTA TIPO
Escala 1:100



ESTRUCTURA S/NIVEL +12.40
Escala 1:100

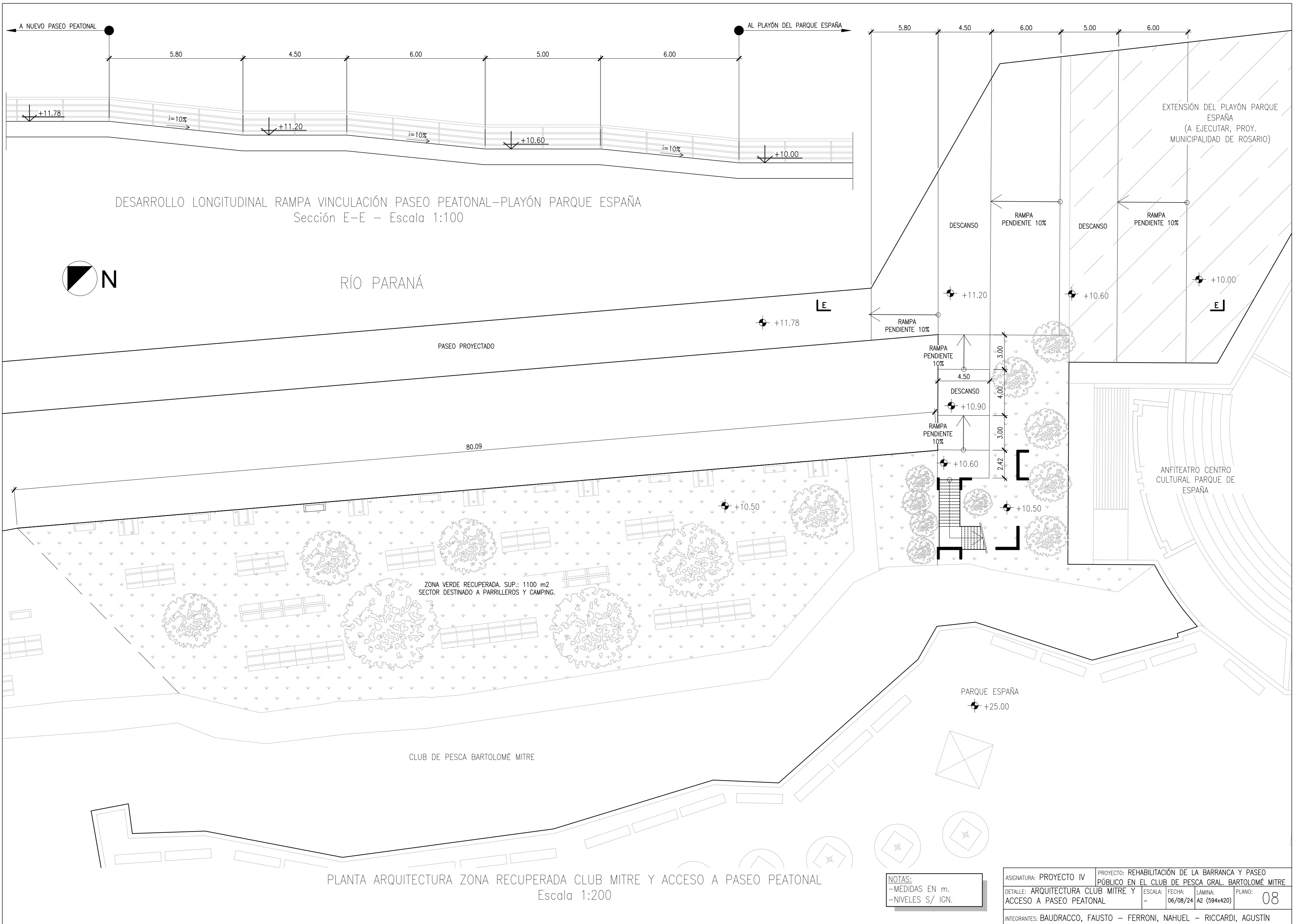
PERFIL TERRENO NATURAL EXISTENTE

DETALLE ESCALÓN TÍPICO
Escala 1:50

- MATERIALES
- HORMIGÓN H-30
 - ACERO ADN-420

NOTAS:
-MEDIDAS EN m.
-NIVELES S/ IGN.
-NIVEL +25.00 CORRESPONDE A LA PARTE SUPERIOR DEL PARQUE ESPAÑA

ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE			
DETALLE: ESTRUCTURA NUEVA ESCALERA	ESCALA: -	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: A2 (594x420)	PLANO: 07
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN				



DESARROLLO LONGITUDINAL RAMPA VINCULACIÓN PASEO PEATONAL-PLAYÓN PARQUE ESPAÑA
Sección E-E - Escala 1:100

RÍO PARANÁ

PASEO PROYECTADO

ZONA VERDE RECUPERADA. SUP.: 1100 m2
SECTOR DESTINADO A PARRILLEROS Y CAMPING.

CLUB DE PESCA BARTOLOMÉ MITRE

PLANTA ARQUITECTURA ZONA RECUPERADA CLUB MITRE Y ACCESO A PASEO PEATONAL
Escala 1:200

NOTAS:
-MEDIDAS EN m.
-NIVELES S/ IGN.

ASIGNATURA: PROYECTO IV	PROYECTO: REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL. BARTOLOMÉ MITRE		
DETALLE: ARQUITECTURA CLUB MITRE Y ACCESO A PASEO PEATONAL	ESCALA: -	FECHA: 06/08/24	LÁMINA: A2 (594x420)
INTEGRANTES: BAUDRACCO, FAUSTO - FERRONI, NAHUEL - RICCARDI, AGUSTÍN			PLANO: 08

8. Anexos

8.1. Anexo 1 – Información básica recopilada

8.1.1. Obtención de niveles máximos y mínimos del pelo de agua

El presente proyecto cuenta con obras de protección contra las acciones del río y también con obras en agua. Por lo tanto, se deben conocer los niveles máximos y mínimos para:

- Obtener el perfil de velocidades del agua, que será necesario para calcular las acciones sobre la contención en el club Mitre. Además, este perfil será útil para conocer las solicitaciones del agua sobre los pilotes y para el cálculo de la erosión general y localizada que se producirá sobre ellos.
- Conocer la altura de la pasarela, en función del nivel máximo del río

Se contó con información de estudios estadísticos realizados por el Departamento de Hidráulica (EIC,FCEIA) tanto de niveles máximos como de mínimos a partir de datos diarios registrados en el Hidrómetro de Puerto Rosario (ubicado en el km 416 de la Vía de Navegación Troncal –VNT-). La serie de valores diarios empleada en los estudios estadísticos correspondió a la denominada “serie moderna” que incluye niveles desde 1972 a 2022.

El análisis estadístico de la serie de niveles hidrométricos máximos arrojó un valor $H_{\text{Hidrómetro}} = 6.75\text{m}$ para $R = 100$ años, en tanto que el análisis estadístico de mínimos estableció un nivel mínimo $H_{\text{Hidrómetro}} = -0.42\text{ m}$.

Asumiendo que el Cero del hidrómetro Rosario se considera a cota IGN + 2.92 m (nuevo valor definido por el IGN a partir de los estudios realizados en el año 2016), además teniendo en consideración la recomendación de los asesores que la pendiente en aguas altas del río se puede asumir en un valor de $S = 3.5 \times 10^{-5}\text{ m/m}$ y en aguas bajas $S = 1.5 \times 10^{-5}\text{ m/m}$, los niveles máximo y mínimo asociados a una recurrencia de 100 años en el sitio del Club Mitre ubicado en progresiva 420.750 km resultaron:

- Nivel Máximo $R = 100$ años: $(6.75\text{ m} + 2.92 + 0.18) = +9.85\text{ m IGN}$
- Nivel Mínimo $R = 100$ años: $(-0.42\text{ m} + 2.92\text{ m} + 0.08) = + 2.58\text{ m IGN}$

De esta forma, homologando esta información con el perfil mostrado anteriormente, se obtiene:

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

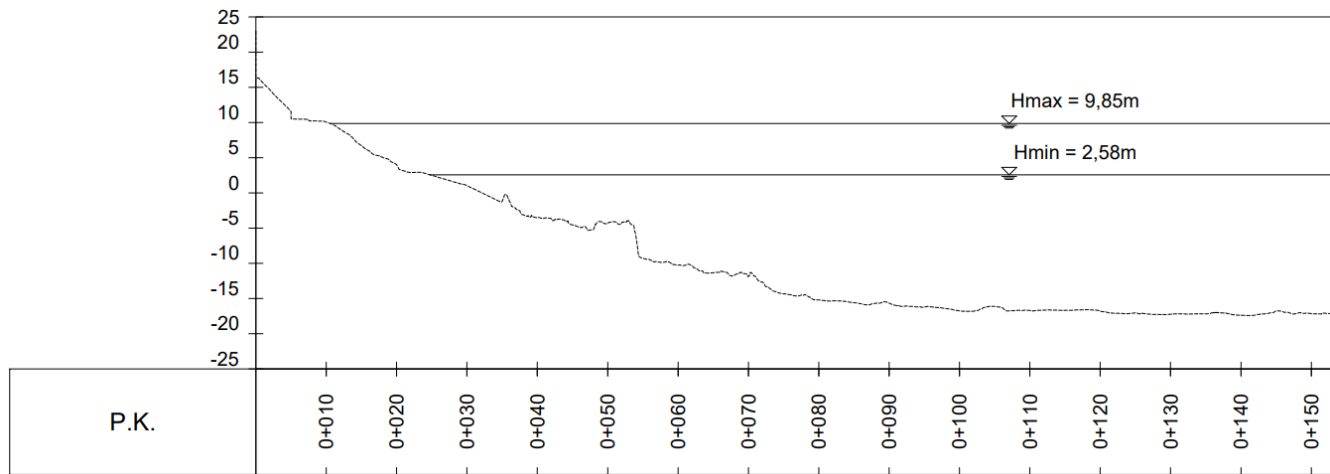


Gráfico 8.1-1 Perfil con niveles máximos y mínimos de pelo de agua. Cotas IGN.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Departamento de Hidráulica.

8.1.2. Datos topobatimétricos

A raíz de la ubicación del proyecto y su directa vinculación con el río Paraná, tendremos que comenzar por estudiar los efectos que el mismo generará contra nuestra obra y de qué manera colocarnos en una situación de seguridad para garantizar el buen funcionamiento de las mismas.

Para comenzar debimos estimar la sección transversal del río a la altura del club. Para la cual utilizamos:

- Revelamiento topo-batimétrico realizado por la firma Cura & Jordan para el informe realizado por Torres y Vercelli. (2021)
- Perfil topo-batimétrico suministrado por el Departamento de Hidráulica de la FCEIA.

De esta forma, recopilando y homologando ambos perfiles pudimos obtener un perfil del cauce que utilizaremos para estudiar los efectos del río. A continuación, se presenta el perfil en cuestión con cotas en sistema IGN:

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

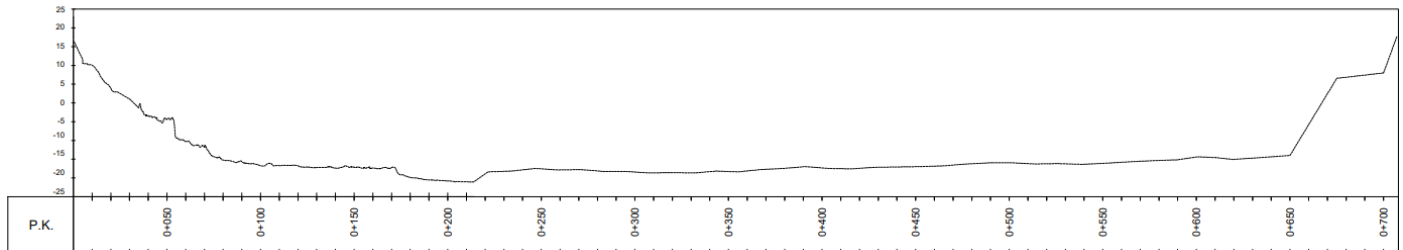


Gráfico 8.1-2 Perfil del cauce del río Paraná.

Fuente: Elaboración propia

8.2. Anexo 2 – Cálculos hidráulicos

8.2.1. Estudio de la dinámica fluvial

Teniendo los niveles del río Paraná y el perfil del lecho, lo que sigue es obtener las velocidades y demás características del lecho del río. Los asesores en el tema recomendaron estudiarlos en base al libro “Transporte de Sedimentos y Morfodinámica de Ríos” (Basile, 2018). Dentro del mismo, el fenómeno a analizar la resistencia al flujo en ríos aluviales con lechos de arena, para el cual se establece:

“La presencia de formas de fondo modifica en modo sustancial la resistencia al flujo y la magnitud del transporte de sedimentos. Esto es significativo en el caso de lechos con dunas y reviste particular importancia ya que se da en condiciones de régimen subcrítico, en ríos de llanura con lechos de sedimentos preponderantemente arenosos, generalmente navegables.

La evaluación de la rugosidad es un aspecto que adquiere fundamental importancia en muchos problemas de hidráulica fluvial, tales como la estimación del transporte de sedimentos, la determinación de las tasas de erosión o depósito de un río, la determinación de la curva altura-caudal en una determinada sección de un río aluvial, etc.

Cada una de las formas de fondo, descritas en el punto anterior producen distintas rugosidades, dependiendo del tipo, dimensiones de las mismas y material del lecho.

En el caso de formas de fondo presentes en el lecho, y tomando el ejemplo de un flujo que se desarrolla sobre dunas, la resistencia al flujo consiste en dos partes:

- i) La resistencia superficial asociada al tamaño de las partículas de sedimento, como en el caso de fondo plano, denominada resistencia de grano, la cual es función del diámetro d , es decir, $ks'(d)$.
- ii) La resistencia asociada a las ondulaciones del fondo, denominada resistencia de forma, producida por la disipación de energía localizada aguas abajo de la cresta, la cual es función de la longitud de la duna λ y de su altura Δ , es decir, $ks''(\lambda, \Delta)$. En este caso, la altura de rugosidad equivalente se puede expresar como (van Rijn, 1984b): $ks = ks'(d) + ks''(\lambda, \Delta)$.
- iii) Las mayores resistencias de forma son producidas por dunas, tal como se observa en el diagrama conceptual de Engelund y Hansen (1967), el cual relaciona las formas de fondo con las dos componentes de la tensión de corte total sobre el fondo y la velocidad media de flujo.

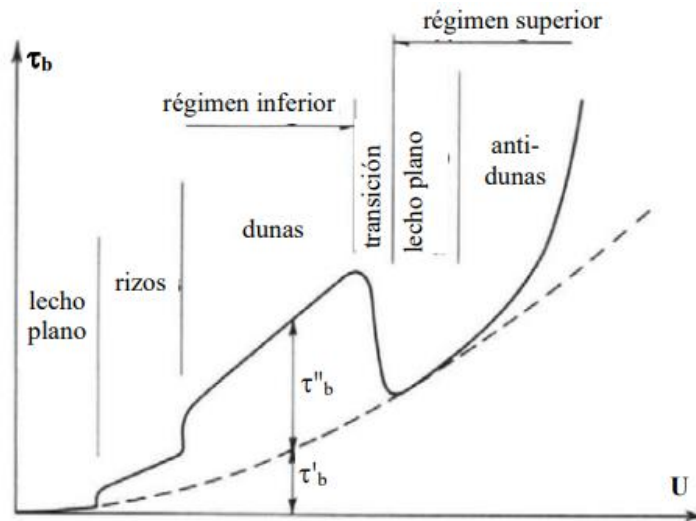


Gráfico 8.2-1 Relación entre la tensión de corte total sobre el fondo y la velocidad media, en ríos con el lecho móvil (Engelund y Hansen, 1967).

Por lo tanto, utilizaremos el Método de Engelund, también descrito en Engelund y Hansen (1967), como predictor de resistencia al flujo acoplado a su ecuación de transporte de sedimentos, basada en las siguientes relaciones:

$$\frac{h'}{h} = \frac{\tau'_*}{\tau_*} = \left(\frac{u'_*}{u_*}\right)^2$$

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Donde,

h' es la altura de flujo asociada a la rugosidad de superficie o grano.

h es la altura de flujo.

u'_* es la velocidad de corte asociada a la resistencia de grano.

u_* es la velocidad de corte.

τ_* es la tensión de corte adimensional total.

τ'_* es la tensión de corte adimensional asociada a la resistencia de grano.

$$\tau_* = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gd_{50}} = \frac{u_*'^2}{(s - 1)gd_{50}} = \frac{h'S}{(s - 1)d_{50}}$$

$$\tau'_* = \frac{\tau'_b}{(\rho_s - \rho)gd_{50}} = \frac{u_*'^2}{(s - 1)gd_{50}} = \frac{h'S}{(s - 1)d_{50}}$$

La relación empírica propuesta por Engelung y Fredsoe para vincular τ_* con τ'_* , es:

$$\tau'_* = 0,06 + 0,3\tau_*^{3/2}$$

A partir de datos experimentales Engelund propuso la siguiente ecuación para el factor de fricción asociado a la resistencia de grano:

$$C'_f = \frac{U}{u'_*} = 5,75 \log \left(\frac{11 h'}{2 d_{65}} \right)$$

$$C_f = \frac{U}{u'_*}$$

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*
Baudracco, Ferroni, Riccardi

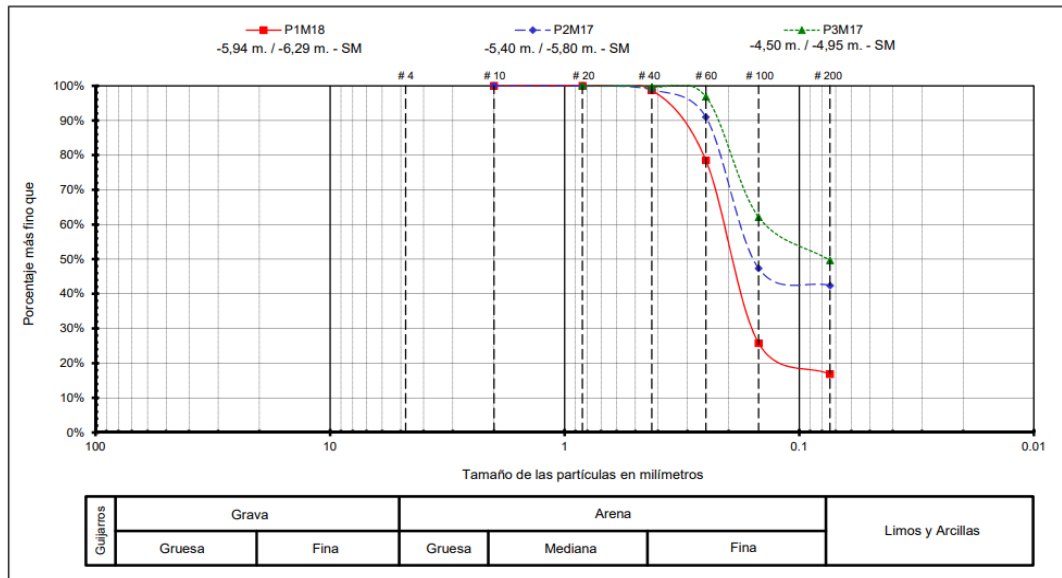


Gráfico 8.2-2 Granulometría del suelo del lecho del río.

Cabe destacar que para obtener los d_{50} y d_{65} se elaboraron tres curvas de análisis granulométrico realizado en función de la información recopilada por las perforaciones realizadas por Torres y Vercelli en las inmediaciones del club, sobre el suelo en el lecho del río. Una vez obtenida las tres curvas, se obtuvo el valor a utilizar en el cálculo a raíz de un promedio entre el d_{50} y d_{65} obtenido para cada una.

Por otro lado, situándonos en la peor situación, con el nivel de pelo de agua máximo para una recurrencia $R=100$ años. Se tienen los siguientes datos:

- $H = 13\text{m}$
- $S = 0,000035$
- s (gravedad específica del sedimento, $s=\rho_s/\rho$) = 2,65
- $d_{50} = 0,00018$
- $d_{65} = 0,0002$
- g (aceleración de la gravedad) = 9.81 m/s^2

Calculando el Coeficiente de rugosidad de Manning como:

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

$$n = \frac{h^{1/6}}{C_f g^{0,5}}$$

Podemos obtener los siguientes valores:

Tabla 8.2-1 Método Engelung.

Método Engelung	
τ^*	1.53
$\tau^{* '}$	0.63
h'	5.34
$u^{* '}$	0.04
U	1.27
u^*	0.07
Cf	19.03
n	0.026

- **Cálculo de erosión general y localizada**

De manera de colocarnos del lado de la seguridad, utilizaremos los datos obtenidos y mencionados anteriormente para el tirante máximo con una recurrencia R = 100 años.

- **Erosión general**

Recordemos que, la erosión vendrá dada por la relación entre H_s y H_0 , donde H_0 es el tirante que se tiene y H_s el tirante al cual se llegará luego de producirse la erosión. De esta forma, siendo H_s para suelo granular:

$$H_s = \left(\frac{\frac{1}{n} S^{1/2} H_0^{5/3}}{0,68 d_m^{0,28} \beta} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Se obtiene que:

Tabla 8.2-2 Verificación de erosión general.

Erosión general	
n	0.026
S	3.50E-05
H0 [m]	13.00
dm [mm]	0.18
β (R=100 años)	1.00
x	0.43
1/(1+x)	0.70
Hs [m]	13.03
Situación	Erosión

Por lo tanto, debido a que $H_s > H_0$, la erosión general es $E_G = 0,03$ m.

- Erosión localizada

Si bien no presentamos erosión general, el hecho de interponer un elemento en el curso de un río va a generar erosión localizada, la cual para nuestra situación será la única erosión presente.

De esta manera, la erosión local en pilares de puentes en suelos granulares se plantea en función del tamaño del material del lecho, las características del flujo, las propiedades del fluido y la geometría del pilar. La ecuación de la HEC-18 (*Arneson et al, 2012*) predice las profundidades máximas de erosión del pilar para ambos tipos de erosión: por lecho vivo y con aguas claras, cuya ecuación para suelos granulares es:

$$y_s = 2,0 y_0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_0}\right)^{0,65} Fr^{0,43}$$

Donde:

- y_s : profundidad de erosión [m].
- a : ancho del pilar [m].
- y_0 : profundidad del flujo [m].
- Fr : Número de Froude.

$$Fr = \frac{U}{(gy_0)^{0,5}}$$

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

- K_1 :

Tabla 8.2-3 Factor K en función de la forma de la nariz del pilar.

Forma de la nariz de la Pila	K_1
(a) Nariz cuadrada	1.1
(b) Nariz Redondeada	1.0
(c) Cilíndrica Circular	1.0
(d) Grupo de pilas cilíndricas	1.0
(e) Nariz puntiaguda (triangular)	0.9

- K_2 :

Tabla 8.2-4 Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo.

θ	L/a = 4	L/a = 8	L/a = 12
0°	1.0	1.0	1.0
15°	1.5	2.0	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.3	4.3
90°	2.5	3.9	5.0

- K_3 :

Tabla 8.2-5 Factor de corrección por la condición del lecho.

Condición de lecho	Altura de la duna (m)	K_3
Erosión de aguas claras	N/A	1.1
Lecho Plano y Flujo Antiduna	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$3.0 > H \geq 0.6$	1.1
Dunas Medianas	$9.0 > H \geq 3.0$	1.1 a 1.2
Dunas Grandes	$H \geq 9.0$	1.3

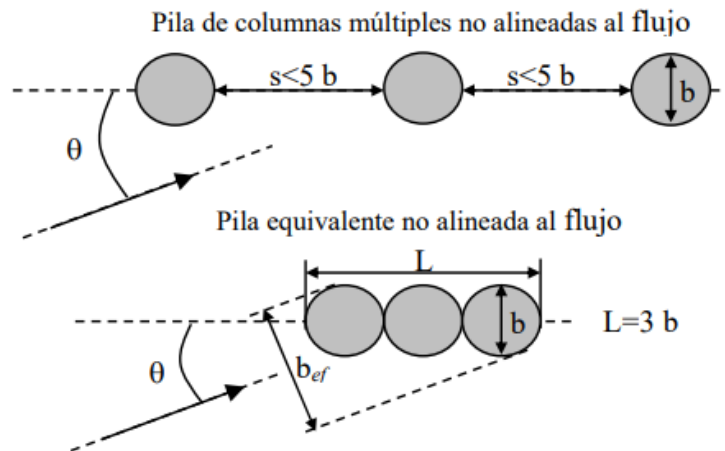
- K_4 : Factor de corrección por el acorazamiento del material del lecho.

El factor de corrección K_4 tiene que ver con la disminución de las profundidades de erosión por el acorazamiento del material fino constitutivo del lecho por parte de la fracción más gruesa.

Cabe destacar que, debido a que la separación entre pilas en el sector donde se encuentra el mirador es menor a 5 veces el diámetro de una pila ($s < 5b$), se tendrá erosión por acción combinada. De esta manera, se determinará la erosión aplicada a la pila equivalente, tal como se muestra en la siguiente imagen.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA*

Baudracco, Ferroni, Riccardi



Tendremos:

Tabla 8.2-6 Cálculo de erosión localizada.

Erosión localizada	
y0 [m]	13.00
K1	1.00
K2	1.00
K3	1.10
K4	1.00
a [m]	2.00
Fr	0.113
ys [m]	3.31

Por lo tanto, la erosión total será igual a la erosión localizada:

$$Erosión\ total = Erosión\ general + Erosión\ localizada = 3,34\ m$$

Debido a que el lecho del río está compuesto por dunas, se debe tener en cuenta que la erosión puede darse en una parte baja de una duna. Por lo tanto, para tener en cuenta esta situación, a esta altura de erosión tendremos que sumarle la mitad de la altura de una duna. Se presenta un esquema de la situación descrita para un mejor entendimiento:

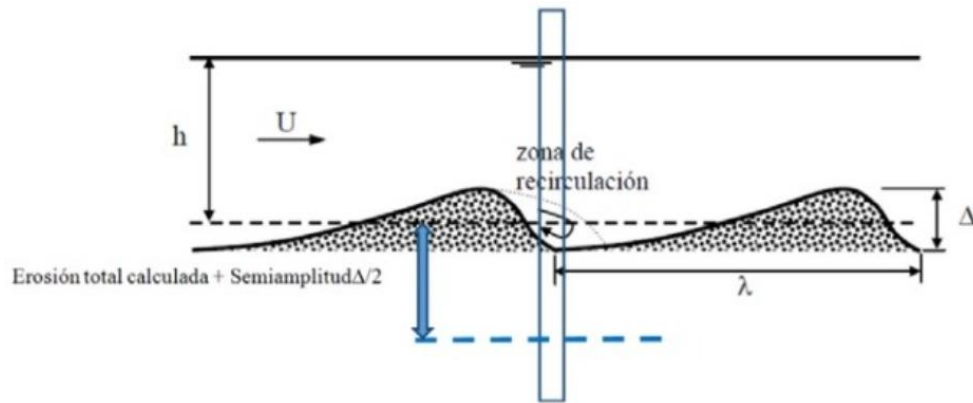


Gráfico 8.2-3 Erosión en zona de dunas.

Tomando como referencia a Basile P. y Riccardi G. (2022), podemos considerar la altura de la duna como un quinto del tirante de agua. Por lo tanto, siendo la altura de duna:

$$\Delta = \frac{1}{5} \times h = \frac{1}{5} \times 13m = 2,60 m$$

La erosión total + semiamplitud de duna será:

$$y_s = 3,34 m + \frac{2,60 m}{2} = 4,64 m$$

- Cálculo de las fuerzas hidrodinámicas generadas sobre el pilote

Para realizar el cálculo del pilote se deberá tener en cuenta la carga que ejerce el curso sobre los mismos. Dicha carga, será estimada como una sucesión de cargas repartidas en un metro de profundidad. Esta distribución de carga fue recomendada por los asesores en hidráulica, de manera de que, al depender esta carga de la velocidad, se obtendrán distintos valores de carga acompañando al perfil de velocidades variable en profundidad. Siendo las velocidades en función de la profundidad $u(z)$ igual a:

$$u(z) = (m + 1) \times \left(\frac{z}{h}\right)^m \times U$$

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Cada valor de fuerza se obtendrá como:

$$Fd = \frac{1}{2} \times C_D \times A_{pf} \times \rho \times u(z)^2$$

A partir de mediciones de perfiles de velocidad en el Río Paraná, Basile (2018) desarrolla tres relaciones funcionales que vinculan el exponente m de la ley potencial con el coeficiente de Chezy adimensional ($C_f = C/g^{1/2}$), el coeficiente de rugosidad de Manning (n) y el factor de fricción de Darcy-Weisbach (f). Las fórmulas obtenidas se expresan como:

$$m = 0,9874 n^{0,5392}$$

De esta forma a raíz de los siguientes parámetros obtenidos:

Tabla 8.2-7 Parámetros de cálculo para la fuerza.

Parámetros de cálculo	
U [m/s]	1.27
D [m]	1.00
v [m²/s]	1.01E-06
Re	1.01E+06
Cd	1.25
L sumerg. [m]	13
Apf [m²]	1.00
ρ [kg/m³]	1000
m	0.137

Donde:

- U : velocidad media.
- D : diámetro del pilote.
- v : coeficiente de viscosidad cinemática.
- Re : Número de Reynolds.
- Cq : Coeficiente de arrastre.
- Apr : área transversal del pilote.
- ρ : Densidad del agua.

Cabe destacar que el coeficiente C_D fue determinado a partir de la siguiente gráfica presente en el libro “*Hydrodynamics Around Cylindrical Structures De: B. Mutlu Sumer, Jorgen Fredsoe (1997)*”. Este

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

coeficiente esta en función del número de Reynolds, y la relación entre k_s (rugosidad absoluta del hormigón, 0.003 m - 0.005 m) y el diámetro D del pilote. Es decir, si asumimos $k_s = 0.003$ m y $D = 0.60$ m, tenemos que $k_s/D = 0.005$.

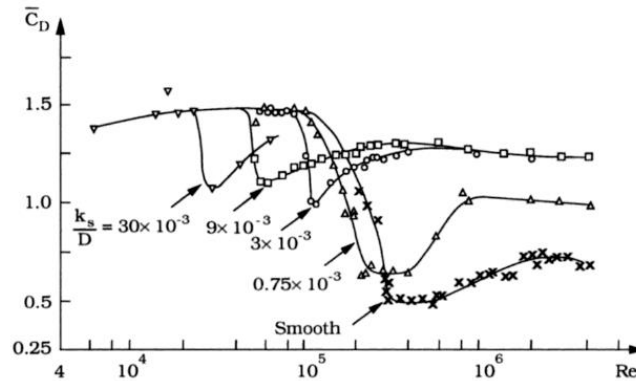


Gráfico 8.2-4 Fuerzas Hidrodinámicas sobre pilotes cilíndricos en función del nivel de agua.

Por lo tanto, tomando $z=0$ en el lecho del río, obtenemos los distintos valores de cargas F_d repartidas por metro:

Tabla 8.2-8 Valores de fuerza para distintas profundidades.

z [m]	$u(z)$ [m/s]	F_d [kN/m]
1.00	1.02	0.65
2.00	1.12	0.78
3.00	1.18	0.87
4.00	1.23	0.95
5.00	1.27	1.01
6.00	1.30	1.06
7.00	1.33	1.10
8.00	1.35	1.14
9.00	1.37	1.18
10.00	1.39	1.22
11.00	1.41	1.25
12.00	1.43	1.28
13.00	1.45	1.31

8.3. Anexo 3 – Cálculos estructurales

8.3.1. Pasarela

Para materializar esta parte proyecto, se optó por utilizar el sistema de placas colaborantes del tipo Steel Deck. Estas placas, fabricadas con acero estructural ZAR 250, brindan una combinación de resistencia estructural y diseño estético. En la etapa constructiva la placa funciona como plataforma de trabajo soportando el peso del hormigón fresco, personal y elementos de trabajo.

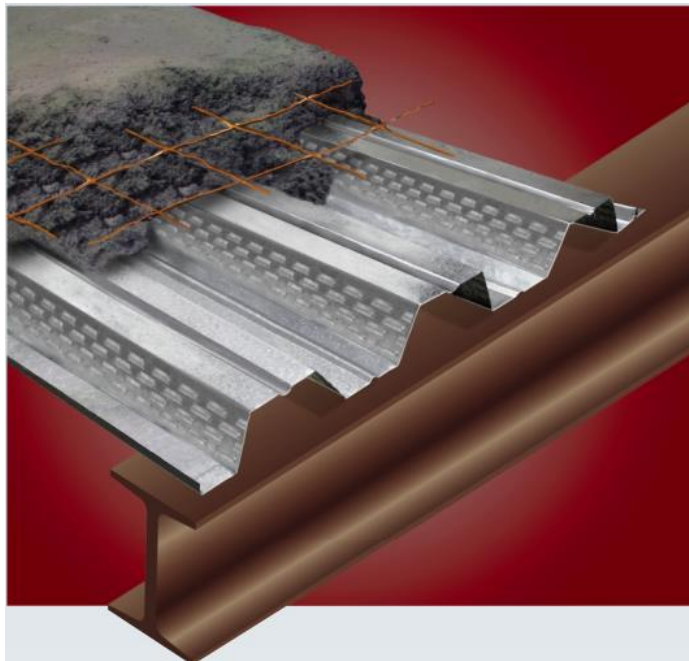


Ilustración 8.3-1 Solución estructural de la losa.

Fuente: Alcor (fabricante).

En la losa de hormigón, se colocan mallas de acero para cubrir la retracción.

Secuencia de instalación:

- Posicionamiento de perfiles
- Fijación de placa colaborante a los perfiles
- Colocación de malla de acero a 2,5 cm del nivel superior del hormigón

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi










- Colocación de armadura en los apoyos
- Hormigonado de la placa, mínimo con hormigón H-21 (según CIRSOC 201 – 2005).

Respecto al apuntalamiento, al ser una obra en agua, estará descartado. Para esto, los distintos fabricantes proveen tablas para elegir luces y cantidad de apoyos para no tener la necesidad de realizarlo. En este caso, se utilizarán los valores que entrega el fabricante Alcor, pero se podrían usar las tablas de otras marcas como guía para el diseño.

El ancho de la pasarela es de 4,5m. Según la siguiente tabla, ninguna solución de tramo simple cubre la necesidad.

Se adopta el caso cal. 22, espesor de losa 0.155m, que permite una longitud de tramo de 2.55m sin apuntalar.

Tabla 8.3-1 Longitud admisible sin apuntalamiento.

Espesor de placa	Tramos de apoyo	Hormigón sobre cresta (mm)				
		Esp. Total de losa (mm)				
		50	55	80	100	120
		125	130	155	175	195
cal. 22 (0,7mm)	Simple 	2,32	2,27	2,06	1,94	1,83
	Doble 	2,90	2,84	2,55	2,27	2,05
	Triple 	2,99	2,93	2,67	2,51	2,33
cal. 20 (0,9mm)	Simple 	2,84	2,78	2,52	2,36	2,23
	Doble 	3,46	3,40	3,11	2,92	2,77
	Triple 	3,58	3,51	3,21	3,02	2,86
cal. 18 (1,25mm)	Simple 	3,52	3,44	3,11	2,91	2,74
	Doble 	4,18	4,10	3,76	3,54	3,35
	Triple 	4,20	4,16	3,88	3,66	3,47

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Por lo tanto, se acude a la siguiente solución:

- **Calibre: 22 (0.7mm)**
- **Tramos de apoyo: 2**
- **Hormigón sobre cresta: 80 mm**
- **Espesor total de losa: 155 mm**

En cuanto a la capacidad de carga, los fabricantes también proveen una tabla correspondiente a hormigón H-21 y mínimo 5 cm s/cresta. Las sobrecargas ya consideran el peso propio del sistema (placa+hormigón+malla).

Tabla 8.3-2 Capacidad de carga de la losa.

Sobrecarga Admisible losa compuesta (kg/m ²) - considera el peso propio de H° y Placa																			
Espesor de placa	Esp. de Losa (mm)	H° s/cresta (mm)	Separación entre apoyos (m)																
			1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00
cal. 22 (0,7mm)	125	50	1195	988	834	715	621	546	484	407	342	288	243	204	170	141	116	94	74
	130	55	1263	1045	881	756	656	577	512	435	366	309	260	219	183	152	125	101	80
	135	60	1332	1101	929	796	692	608	540	463	391	330	278	234	196	163	135	109	87
	155	80	1605	1327	1120	960	834	733	651	583	495	419	355	300	253	212	176	145	117
	175	100	1878	1553	1310	1123	976	858	761	682	607	515	437	371	314	264	221	183	150
	195	120	2000	1779	1501	1286	1118	982	872	781	704	615	524	446	379	320	270	225	186
cal. 20 (0,9mm)	125	50	1575	1312	1258	962	841	744	645	548	468	400	343	294	252	215	184	156	131
	130	55	1665	1387	1330	1017	889	786	689	586	500	428	367	315	270	231	197	168	141
	135	60	1755	1462	1402	1072	937	829	734	624	533	456	391	336	289	247	211	180	152
	155	80	2000	1762	1689	1292	1130	999	892	787	673	578	497	428	369	318	273	233	199
	175	100	2000	2000	1977	1512	1322	1169	1044	940	824	709	611	528	456	394	339	292	250
	195	120	2000	2000	2000	1731	1514	1339	1195	1076	976	846	730	632	547	474	410	354	304
cal. 18 (1,25mm)	125	50	1727	1473	1279	1126	1003	903	819	749	679	588	511	446	389	341	298	260	227
	130	55	1826	1557	1352	1190	1060	954	866	792	725	628	547	477	417	365	319	279	244
	135	60	1925	1641	1425	1254	1118	1006	913	834	768	670	583	509	445	390	341	299	261
	155	80	2000	1978	1717	1512	1347	1212	1100	1006	925	847	739	646	566	497	436	383	337
	175	100	2000	2000	2000	1769	1576	1418	1287	1177	1083	1002	906	794	697	613	540	476	419
	195	120	2000	2000	2000	2000	1805	1625	1475	1348	1240	1147	1067	949	834	735	649	573	506

La distancia de apoyos de la pasarela que estamos proyectando, al ser de dos tramos es de 2,25m. Por lo tanto, haremos una interpolación lineal entre los valores 2,20m y 2,40m para obtener la capacidad de carga correspondiente, lo que arroja un valor de capacidad de carga de 1000 kg/m².

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

8.3.2. Dimensionamiento de vigas metálicas

Tabla 8.3-3 Flexión vertical.

Flexión vertical	
Mux [kNcm]	24634.9
Momento Nominal de Plastificación	
$f_y * Z_x$ [kNcm]	53923.50
$f_y * 1,5 * S_x$ [kNcm]	69189.75
Mnpx [kNcm]	53923.50
Momento Nominal por PLT	
Lb [cm]	1.00
Lp [cm]	122.50
Lr [cm]	158.60
Cb	1.14
fL [kN/cm ²]	27.60
Mr [kNcm]	36901.20
Mn (Lb<Lp) [kNcm]	53923.50
Mn (Lp<Lb<Lr) [kNcm]	126793.26
Mn (Lb>Lr) [kNcm]	6671938.22
Mn plt [kNcm]	53923.50
Momento Nominal por Abollamiento en el Ala	
λ_{ala}	7.22
λ_p	9.15
λ_r	22.34
Fcr [kNcm ²]	264.73
Mn ala [kNcm]	53923.50
Momento Nominal por Abollamiento en el Alma	
λ_{alma}	52.10
λ_p	90.53
λ_r	137.24
Mn alma [kNcm]	53923.50
Mnx [kNcm]	53923.50
Verifica?	SI
Ratio	0.5

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Tabla 8.3-4 Resistencia al corte

Resistencia al corte	
Vux [kN]	
Aw [cm]	46.73
λ_{alma}	52.10
lim inferior	58.99
lim superior	73.92
Vn ($\lambda_{alma} \leq \text{lim inf}$) [kN]	967.21
Vn ($\text{lim inf} < \lambda_{alma} \leq \text{lim sup}$) [kN]	1095.10
Vn ($\text{lim sup} < \lambda_{alma} \leq 260$) [kN]	1556.12
Vn [kN]	967.21
Corte de diseño	
Vd [kN]	870.49
Verifica?	SI

Tabla 8.3-5 Deformaciones máximas en servicio

Deformaciones	
Deformaciones en y	
$\delta y D$ [cm]	1.502
$\delta y L$ [cm]	2.164
δy [cm]	3.667
L [cm]	1200.00
δy_{adm} [cm]	4.00
Verifica ?	SI

8.3.3. Dimensionamiento de cabezales

En este apartado, se realiza el cálculo de las armaduras necesarias, considerando que las vigas centrales transmiten la carga directamente al pilote (sin producir flexión en el cabezal), mientras que el momento de empotramiento que debe soportar la estructura se debe exclusivamente a las cargas verticales transmitidas por las vigas extremas y su propio peso.

**REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA**
Baudracco, Ferroni, Riccardi

Tabla 8.3-6 Dimensionamiento cabezales

DIMENSIONAMIENTO	
Flexión	
Pu [kN]	164.23
qu [kN/m]	36.00
L [m]	2.25
Mu [kNm]	460.65
As adop. [cm ²]	18.09
As ppal [cm ²]	9 ϕ 16
As piel [cm ²]	1.4472
As inf.	3.618
As inf.	4 ϕ 12
Corte	
Vu [kN]	245.23
Adopto	ϕ 8 c/ 11 cm

En todo momento las armaduras se adoptaron respetando los valores mínimos establecidos por el manual CIRSOC 201 (2005) y recomendaciones constructivas. A continuación, se presenta una sección transversal del cabezal con las armaduras adoptadas.

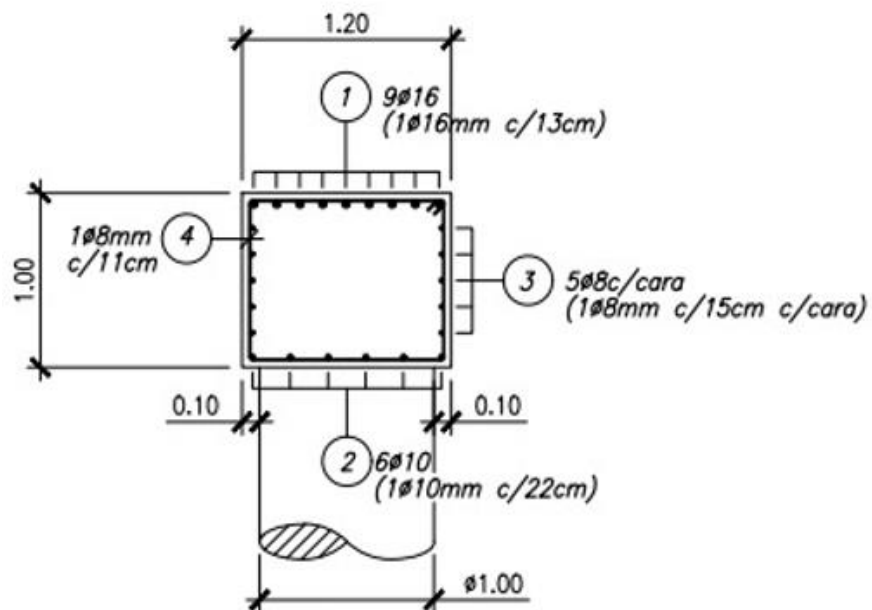


Ilustración 8.3-2 Esquema de armaduras cabezales.

8.4. Anexo 4 – Cálculos geotécnicos

De manera de realizar un análisis acertado sobre la fundación, se crea un modelo de interacción suelo-estructura mediante barras y resortes elásticos, limitando a su vez la carga máxima por resorte en función de la resistencia lateral del terreno.

Para dicho análisis se consultó con el asesor especialista en geotécnica de manera de obtener los parámetros necesarios para modelizar la penetración de 15m de pilote en el estrato de fundación y verificar su buen funcionamiento. En función de los parámetros de suelo obtenidos por el estudio realizado por Torres y Vercelli, se comenzaron determinando los siguientes parámetros para una arena fina muy densa:

Tabla 8.4-1 Parámetros de suelo.

Parámetro	Valor
e	0.40
γ_d [kN/m ³]	18.60
γ_{sat} [kN/m ³]	21.39
γ' [kN/m ³]	11.58

Para los suelos arenosos, donde el módulo elástico “E” aumenta con la presión efectiva de confinamiento, el valor del coeficiente de balasto horizontal “kh” puede ser aproximado con la utilización de la siguiente ecuación:

$$k_h = n_h * \frac{z}{D}$$

Donde:

- **z**: profundidad bajo la máxima cota de erosión prevista.
- **D**: diámetro del pilote.
- **n_h**: resulta una función del número de golpes en el ensayo SPT corregido por presión de tapada y por energía (N1)60.

Por otro lado, utilizando la expresión brindada por Skempton se obtiene el valor del coeficiente de corrección por presión de tapada (C_N).

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'_v}{P_a}}$$

Donde:

- P_a : Presión atmosférica.
- σ'_v : Presión efectiva de tapada.

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{265}{100}} = 0,55$$

A partir de los resultados del estudio geotécnico, se tiene:

- $N_{90} = 50$
- $N_{60} = 1,5 * N_{90} = 75$
- $(N1)60 = C_N * N_{60} = 41$

El coeficiente “ n_h ” se obtiene a partir del siguiente gráfico brindado por el apunte “Leoni. Parametrización de suelos” en función de la presión efectiva de tapada.

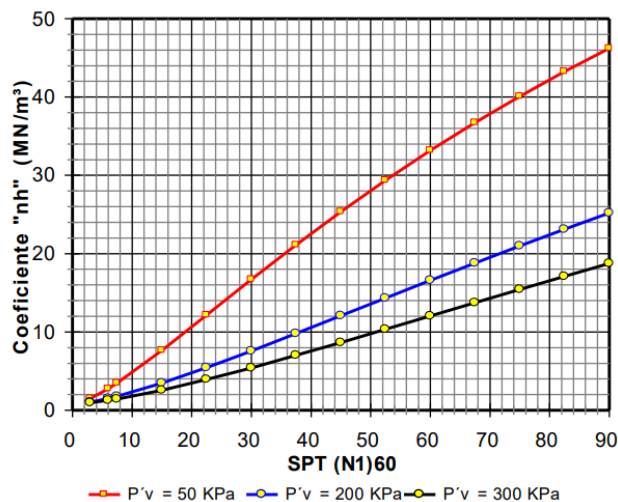


Gráfico 8.4-1 Estimación del coeficiente “ n_h ” en arenas, en función del índice “ N_{60} ” del ensayo SPT, para distintas presiones verticales efectivas.

Del cual se adopta $n_h = 15$.

Luego, se estima un valor de densidad relativa (D_r) igual a 75%. En función de este parámetro y recordando que el tipo de suelo es una arena fina bien graduada (“Uniform fine sand”) utilizando el siguiente gráfico podemos estimar un ángulo de fricción $\Phi = 37^\circ$.

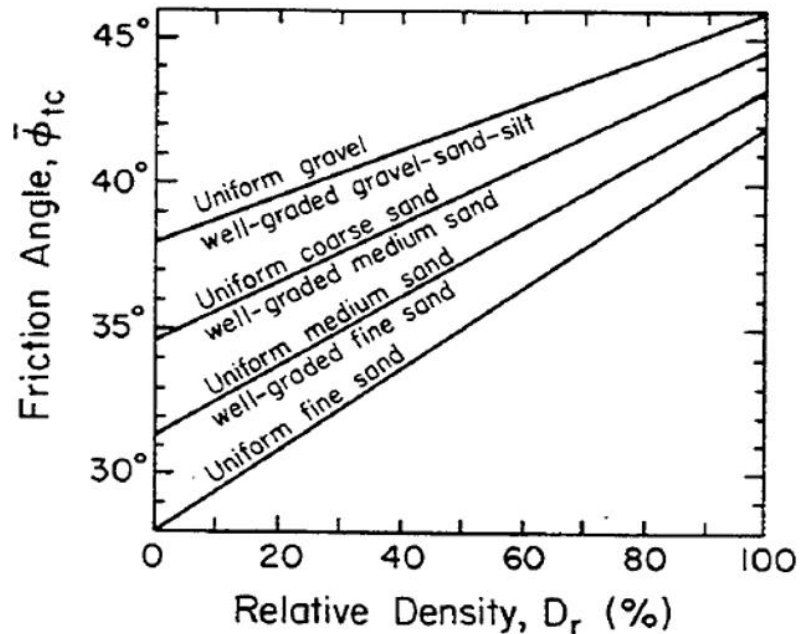


Gráfico 8.4-2 Ángulo de fricción en función de la densidad relativa

Dicho ángulo resultará necesario para obtener el valor de coeficiente de empuje pasivo k_p de la siguiente manera.

$$k_p = \frac{1 + \text{sen}(\varphi)}{1 - \text{sen}(\varphi)} = 4,02$$

De esta manera, se obtuvieron los distintos valores de fuerza pasiva lateral que tendremos en función de la profundidad con la siguiente expresión.

$$P_H = \gamma' * z * k_p$$

Posteriormente, se obtienen los distintos valores de k_h y P_H (aplicado en un área de 1m x 1m) para 15m de profundidad discretizándolo cada metro.

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Tabla 8.4-2 Valores de k_h y P_H para distintas profundidades

z (m)	K_h (kN/m)	σ (kN)
1	15000.00	46.59
2	30000.00	93.19
3	45000.00	139.78
4	60000.00	186.38
5	75000.00	232.97
6	90000.00	279.56
7	105000.00	326.16
8	120000.00	372.75
9	135000.00	419.34
10	150000.00	465.94
11	165000.00	512.53
12	180000.00	559.13
13	195000.00	605.72
14	210000.00	652.31
15	225000.00	698.91

Estos valores de k_h , fueron asignados en el modelo a cada resorte en profundidad, en donde se debió verificar que las reacciones que se obtienen no superen la fuerza pasiva, ya que, de suceder esto, la realidad sería que el suelo se plastifica y se deberá cambiar dicho resorte por una reacción con valor igual a fuerza pasiva del suelo según su profundidad.

Este proceso resultaría iterativo hasta converger en valores que no superen la resistencia del suelo. De esta manera, luego de iterar una vez, se obtuvo el siguiente modelo que verifique la estabilidad tanto para cargas en servicio como en estado límite último.

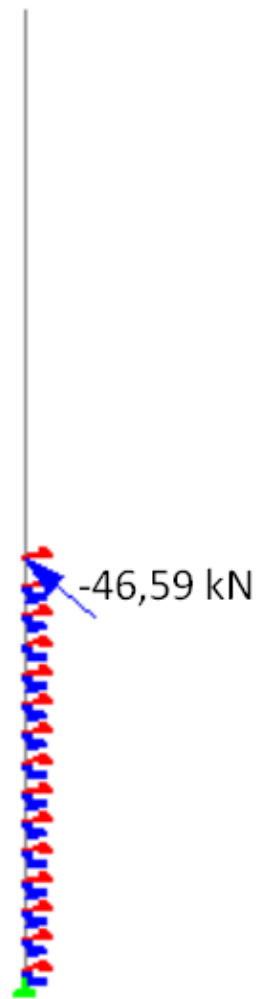


Ilustración 8.4-1 Modelo final de StaadPro.

Análogamente, se realizó la verificación respecto de la amplificación por efecto de segundo orden comentada en el apartado 4.2.4.5.

Una vez verificada la condición del pilote respecto a su empotramiento y desplazamientos horizontales, se debió realizar la verificación de capacidad de carga vertical del suelo respecto a las cargas en servicio. Para lo cual se tenía el siguiente esquema.

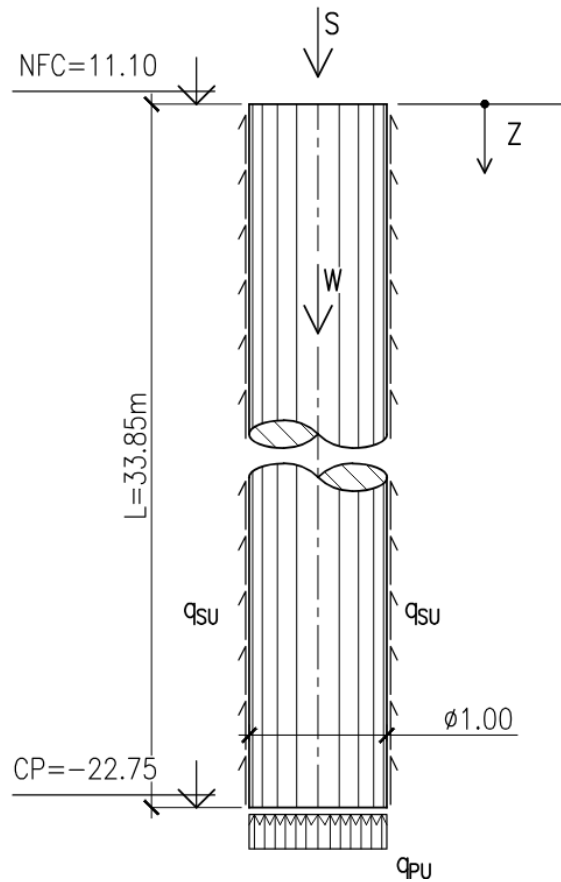


Ilustración 8.4-2 Esquema de cargas sobre el pilote.

De esta forma, se debía verificar que

$$R_{SU} + R_{PU} - W \geq FS * S$$

Dónde:

- R_{SU} : Capacidad de resistencia por fricción en el fuste.

$$R_{SU} = \frac{k * \gamma' * L^2}{2} * \pi * D$$

- R_{PU} : Capacidad de resistencia por punta.

$$R_{PU} = \gamma' * L * N_q * (S_q d_q) * \frac{\pi * D^2}{4}$$

*REHABILITACIÓN DE LA BARRANCA Y PASEO PÚBLICO EN EL CLUB DE PESCA GRAL.
BARTOLOMÉ MITRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO, ARGENTINA
Baudracco, Ferroni, Riccardi*

Con N_q , ($S_q d_q$) parámetros de la fórmula de capacidad de carga.

- **W**: Peso del pilote, considerando el esfuerzo de flotación.

$$W = [H_1 * \gamma_{H^o} + H_2 (\gamma_{H^o} - \gamma_w)] * \frac{\pi * D^2}{4}$$

- **FS**: Factor de seguridad.
- **S**: Mayor esfuerzo de compresión en servicio, sin tener en cuenta el peso propio del pilote.

Para lo cual se obtiene la siguiente situación.

Tabla 8.4-3 Verificación de la capacidad de carga

Verificación de capacidad de carga	
k	0.40
N_q	42.9
S_q	1
d_q	1.36
R_{su} [Kn]	1630.00
R_{pu} [Kn]	7961.20
S [kN]	367.43
S1 [kN]	272.93
W [Kn]	388.92
FS?	25.04
¿Verifica FS > 3?	SI

Puede observarse que se obtiene un factor de seguridad mucho mayor que el habitualmente utilizado para estas estructuras. Por lo tanto, se verifican las buenas condiciones y si bien la estructura podría optimizarse (reduciendo el diámetro o la longitud de empotramiento), se debe recordar que el dimensionamiento se encuentra gobernado por las cargas laterales tanto para resistencia como para deformación.