



INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
Y POLÍTICA HÍDRICA
REPÚBLICA ARGENTINA



Campaña topográfica de escalas hidrométricas sobre el río Uruguay

25 y 26 de septiembre de 2019

DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples
Colaboración INA - CARU



Proyecto INA 373
Informe LHA 05-373-20
Ezeiza, febrero de 2020

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Ing. Pablo D. SPALLETTI

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Julio C. DE LÍO a/c

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

Ing. Pablo E. GARCÍA

Ing. Mag. Mariano RE

Mayra MORALE

Lic. Nicolás ORTIZ

Ing. Santiago GUIZZARDI

Ing. Martín IRIGOYEN

Ing. Luciano HERGENREDER

INFORME PRODUCIDO POR

Lic. Nicolás ORTIZ

Ing. Santiago GUIZZARDI

Lic. Juan BIANCHI

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

**DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador
del Delta del río Paraná con fines múltiples
Colaboración INA – CARU**

**Campaña topográfica de ceros de escalas hidrométricas en el río Uruguay
25 y 26 de septiembre de 2019**

RESUMEN

En el marco del proyecto interno INA “*DELTA PARANA: Estudio hidrodinámico integrador del Delta del río Paraná con fines múltiples*”, el cual contempla la realización de relevamientos topográficos en distintas zonas del Delta del río Paraná y el monitoreo sistemático de niveles de agua del río Uruguay en estaciones hidrométricas desde Salto Grande hasta Nuevo Berlín por parte de la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), se avanzó en la realización de tareas de relevamiento topográfico de escalas hidrométricas. Con estas campañas se persigue como principal objetivo la generación de información que posibilite la contextualización y evaluación de los resultados de modelación numérica. Por otra parte, se busca incrementar el conocimiento de la interacción de los sistemas Delta del río Paraná y río Uruguay en su conjunto, contribuir a la formación de recursos humanos en la manipulación de dispositivos de medición y consolidar el fortalecimiento del vínculo entre instituciones participantes en el proyecto. En el presente informe se exponen los resultados de la campaña de relevamiento topográfico realizada en colaboración con la CARU, entre los días 25 y 26 de septiembre de 2019. La zona de estudio corresponde a un tramo del río Uruguay de 90 km de longitud contemplando 6 localizaciones ribereñas: Boca del Gualeguaychu (-0.43 m), Nuevo Berlín (-0.36 m), Campichuelo (-0.39 m), Concepción del Uruguay (-0.37 m), Colón (-0.26 m) y Paysandú (0.04 m). El objetivo de la campaña consistió en relevar la cota topográfica de un conjunto de reglas hidrométricas operadas por organismos nacionales y colocar puntos fijos de referencia en las diferentes estaciones. Se utilizó un GPS diferencial como herramienta de medición y se realizaron monumentaciones que incluyeron la instalación de placas y bulones. Las nuevas mediciones de ceros de escala fueron utilizadas para la calibración de los modelos hidrodinámicos. Adicionalmente, a partir de las mediciones, se determinó que la diferencia entre el cero MOP y e IGN es de aproximadamente 80cm.

Descriptorios temáticos: Campañas, relevamiento topográfico.

Descriptorios geográficos: Río Uruguay, Bajo Delta, Argentina, Uruguay.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Contexto	4
1.2. Objetivo	6
2. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO	7
2.1. Descripción general	7
2.2. Equipo topográfico	7
2.3. Tareas Realizadas	8
2.4. Relevamiento topográfico	8
2.4.1. Boca del Gualeguaychú	9
2.4.2. Campichuelo	9
2.4.3. Concepción del Uruguay	10
2.4.4. Colón	11
2.4.5. Nuevo Berlín	12
2.4.6. Paysandú	13
3. SÍNTESIS	15
REFERENCIAS	20
ANEXOS	21

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contexto

El Delta del río Paraná comprende un área aproximada de 1500000 Ha. (Figura 1.1) en la cual existen un gran número de cursos de agua navegables, entre ellos la principal vía fluvial comercial de Argentina y países limítrofes. Además, en el territorio insular se desarrolla una importante actividad agrícola-ganadera-forestal que colabora con la economía local. Desde el punto de vista ambiental, el Delta contiene un reducto de humedales únicos que resultan determinantes en distintos procesos hidrológicos, biológicos y geomorfológicos (Kandus, 2010).

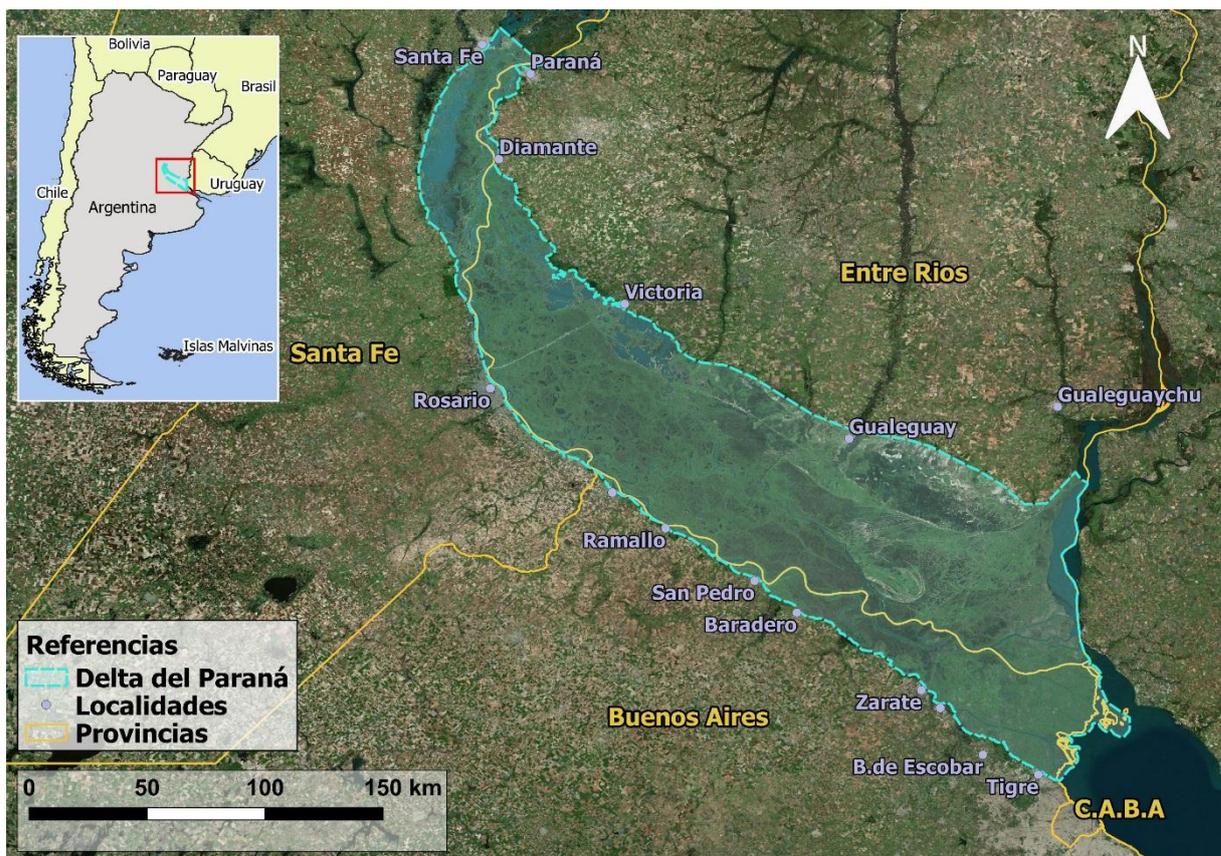


Figura 1.1. Delta del río Paraná.

El río Uruguay (Figura 1.2) con un módulo de aproximadamente $4.620 \text{ m}^3/\text{s}$ y una longitud de 1760 km, es un río de gran envergadura que conforma el límite del territorio nacional con Brasil y Uruguay. Su amplia cuenca de aporte tiene una extensión de 370.000 km^2 , la cual se distribuye entre Uruguay (32 %), Brasil (50 %) y Argentina (28 %). De sus 1760 km de extensión, 500 km (28.4 %) transcurren en territorio brasileño, 720 km (40.9 %) en el límite entre Argentina y Brasil y los 540 km (30.7 %) restantes entre tierras uruguayas y argentinas.

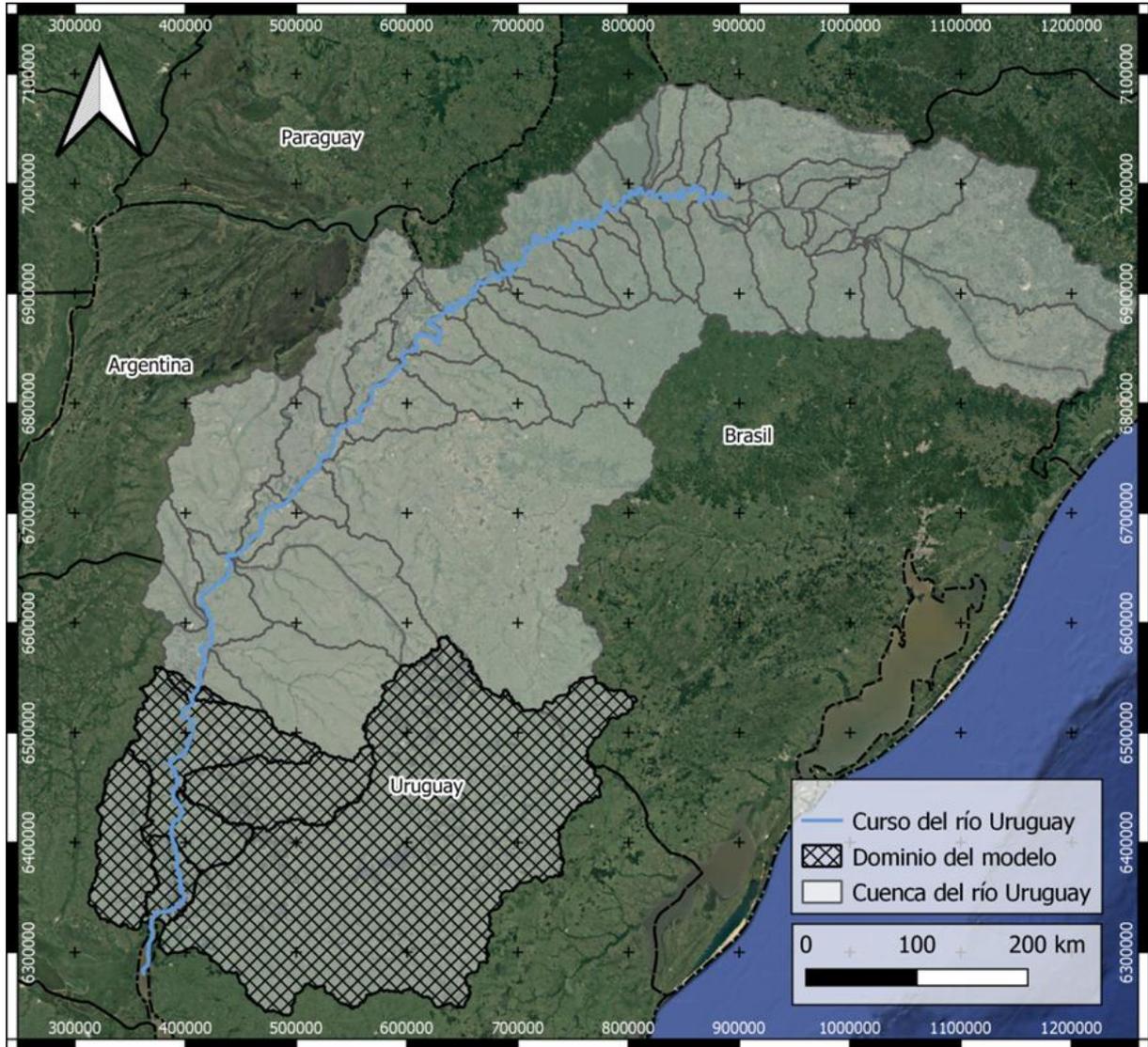


Figura 1.2. Cuenca del río Uruguay.

Con estas características, tanto las inundaciones por crecidas o sudestadas como las bajantes extremas, son críticas no solo para la población local y los ecosistemas comprendidos en los sistemas Delta del Paraná y Uruguay, sino también, para todos los actores vinculados a sus circuitos comerciales y productivos. En la zona de Islas del Ibicuy, la influencia del río Uruguay resulta determinante en la dinámica hídrica de la zona. Al mismo tiempo, la falta de información y comprensión de la interacción hidrodinámica entre el Delta del Paraná y el Uruguay obliga a estudiar específicamente este punto.

Encontrar respuestas a los motivos por los cuales se producen estos fenómenos y cuál es la viabilidad de generar un pronóstico de los mismos, es entonces, un eje central para los sectores afectados y por tanto para las instituciones vinculadas con las distintas actividades.

1.2. Objetivo

La modelación numérica es una herramienta fundamental para la comprensión de la dinámica hídrica del sistema Delta del Paraná. Una correcta caracterización de los datos topobatimétricos es un insumo relevante para la construcción de los modelos. Es por esto que la calidad y cantidad de datos puede condicionar los resultados obtenidos de las simulaciones.

Para el desarrollo de la modelación se utilizan Modelos Digitales de Elevación (MDE), tales como MDE-INA (INA, 2017), MDE-ar (disponible en www.ign.gob.ar), desarrollados a partir de diversas fuentes.

Con el fin de obtener resultados de mayor confiabilidad de las simulaciones, se propone contextualizar los resultados de modelos numéricos. Para esto, se llevaron a cabo una serie de campañas topográficas en localidades ribereñas al río Uruguay.

La campaña que se detalla en el presente informe tuvo por objeto la obtención de ceros de escalas hidrométricas y la generación de puntos fijos de referencia con el objetivo de utilizar un mismo sistema de referencia en las series observadas y calibrar los modelos hidrodinámicos existentes.

La campaña se llevó a cabo en colaboración con la Comisión Administradora del río Uruguay (CARU) por lo que sirvió también a los fines de fortalecer la vinculación entre dicha institución y el INA, y fomentar la capacitación del personal involucrado en la manipulación de dispositivos de medición.

2. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.1. Descripción general

La zona de estudio comprende un tramo de 90 km de longitud en localidades aledañas al río Uruguay. Se relevaron 6 escalas hidrométricas ubicadas en las localidades de Gualeduaychú, Campichuelo, Concepción del Uruguay, Colón, Nuevo Berlín (ROU), y Paysandú (ROU). Se complementó la medición topográfica con la monumentación de puntos fijos en determinadas estaciones. La localización de cada una de los relevamientos topográficos se presenta en la Figura 2.1.

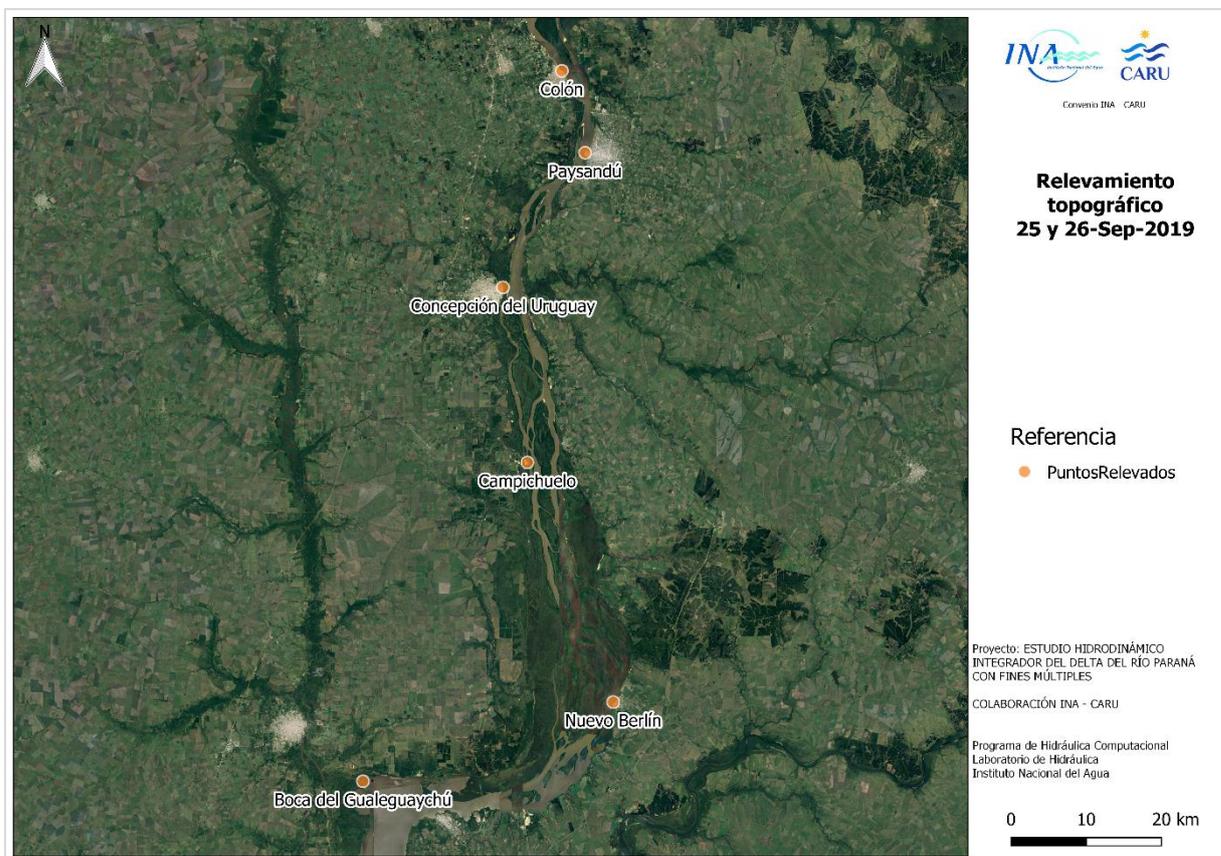


Figura 2.1. Localización de relevamientos

2.2. Equipo topográfico

Las tareas de relevamiento topográfico se llevaron a cabo empleando un equipo GPS diferencial modelo Hiper V de la empresa TOPCON. Este equipo emplea 2 receptores, próximos entre sí, que se encuentran rastreando los satélites en el mismo momento y se encuentran influenciados de manera similar a errores vinculados a la propagación de la señal y errores que se generan en los satélites.

La metodología de trabajo que se seleccionó fue RTK (Real Time Kinematic), el cual proporciona coordenadas precisas en tiempo real utilizando una red de estaciones permanentes GNSS (Global Navigation Satellite System, red RAMSAC en este caso), permitiendo determinar ambigüedades entre estaciones y disminuyendo errores sistemáticos.

Uno de los receptores debe tener coordenadas conocidas utilizando un marco de referencia, lo cual permite obtener con mucha precisión el vector que separa los dos receptores GPS utilizando el método diferencial. En el relevamiento presente solo se muestrearon puntos con solución fija (Figura 2.2).

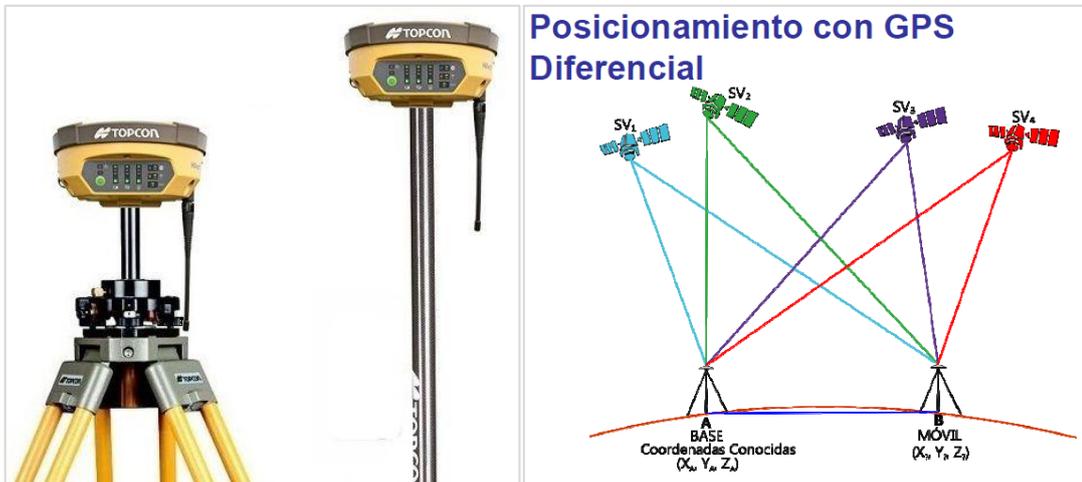


Figura 2.2. Equipo topográfico Hiper V (izquierda) y esquema de determinación de posición GPS diferencial (derecha)

Para la determinación de las coordenadas geográficas de los puntos relevados se utilizó el Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR 07 y el GeoidAr – 16 (Piñon et al., 2016).

2.3. Tareas Realizadas

La campaña se dividió en tres etapas: de planificación, de ejecución y de postprocesamiento. En la primera, se seleccionaron escalas hidrométricas oficiales que se encuentren en márgenes del río Uruguay estimándose tiempos de medición requeridos y gestionando los permisos necesarios para la monumentación de puntos fijos. Se elaboró cronograma de la campaña y se seleccionaron los equipos necesarios para llevarla a cabo.

En la etapa de ejecución, se colocó el receptor base en inmediaciones a las escalas hidrométricas y se instaló un bulón en sitios necesarios como referencia de “punto fijo”, relevándose el nivel de agua en el momento de la medición, tramos de escalas hidrométricas accesibles y el punto fijo instalado. El tiempo de medición por receptor base fue acorde a las distancias a las que se encontraban las estaciones permanentes GNSS más cercanas. La colocación del punto fijo fue diferencial de acuerdo a las características de la zona de emplazamiento, instalándose en algunos casos sobre estructuras de hormigón y madera ya establecidas o con la generación de un nuevo material de hormigón diseñado para tal fin.

En la etapa de postprocesamiento se evaluó la bondad de los datos recolectados en cada relevamiento, determinándose en primera instancia las coordenadas del receptor base haciendo uso de la observación de la estación permanente GNSS y luego se ajustaron los datos del relevamiento móvil con RTK.

2.4. Relevamiento topográfico

En el siguiente apartado se resumen los puntos relevados en la campaña en las diferentes localidades, las particularidades que se dieron en cada caso y los errores asociados a la medición (ver ANEXOS).

2.4.1. Boca del Gualeguaychú

En el punto de medición de Boca del Gualeguaychú la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Mercedes, Uruguay (UYSO) ubicada aproximadamente a 43 km. Desde la estación UYSO a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.014 m y en vertical 0.025 m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Relevamiento RTK Boca del Gualeguaychú

Boca del Gualeguaychú					
Nombre punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Precisión horizontal (m)	Precisión vertical (m)
BASE	33°04'26.11189"S	58°25'13.69078"W	2.496		
NIVEL DE AGUA (1 m)	33°04'27.25784"S	58°25'13.52814"W	0.567	0.003	0.006
PUNTO FIJO	33°04'26.60683"S	58°25'13.51962"W	2.788	0.007	0.010
ESCALA 1 - 2.8 m	33°04'27.08372"S	58°25'13.77866"W	2.394	0.015	0.029
ESCALA 2 - 3 m	33°04'26.82041"S	58°25'13.25746"W	2.565	0.004	0.008
ESCALA 3 - 5 m	33°04'26.56172"S	58°25'13.11900"W	4.501	0.005	0.009



Figura 2.3. Escala hidrométrica 1 (izquierda), bulón y placa instalados (derecha)

2.4.2. Campichuelo

En el punto de medición de Campichuelo la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Paysandú, Uruguay (UYPA) ubicada aproximadamente a 46 km. Desde la estación UYPA a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.009 m y en vertical 0.027

m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Relevamiento RTK Campichuelo

Campichuelo					
Nombre punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Presición horizontal (m)	Presición vertical (m)
BASE	32°41'22.17614"S	58°11'27.95537"W	6.794		
NIVEL DE AGUA (0.92 M)	32°41'16.31493"S	58°11'13.81312"W	0.527	0.004	0.006
PUNTO FIJO	32°41'21.12406"S	58°11'27.13317"W	6.842	0.006	0.011
ESCALA 1 - 1.9 m	32°41'21.87350"S	58°11'09.76493"W	1.406	0.030	0.041
ESCALA 3 - 3.1 m	32°41'16.70907"S	58°11'14.40469"W	2.626	0.005	0.009
ESCALA 2 - 3.0 m	32°41'21.60736"S	58°11'10.50076"W	2.524	0.012	0.018
ESCALA 4 - 4.1 m	32°41'16.76047"S	58°11'14.65270"W	3.689	0.004	0.006
ESCALA 4 - 4.9 m	32°41'16.75953"S	58°11'14.64525"W	4.453	0.003	0.004
ESCALA 5 - 5.0 m	32°41'16.80837"S	58°11'14.71354"W	4.597	0.003	0.004
ESCALA 6 - 6.0 m	32°41'16.83601"S	58°11'14.75605"W	5.515	0.004	0.006
ESCALA 6 - 7.0 m	32°41'16.83582"S	58°11'14.74638"W	6.506	0.004	0.006



Figura 2.4. Escalas hidrométricas (izquierda), bulón existente y placa instalada (derecha)

2.4.3. Concepción del Uruguay

En el punto de medición de Concepción del Uruguay la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Paysandú, Uruguay (UYPA) ubicada aproximadamente a 25 km. Desde la estación UYPA a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.008 m y en vertical 0.015 m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Relevamiento RTK Concepción del Uruguay

Concepción del Uruguay					
Nombre punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Presición horizontal (m)	Presición vertical (m)
BASE	32°28'40.00719"S	58°13'15.04183"W	8.337		
NIVEL DE AGUA (0.95 m)	32°28'36.08449"S	58°13'14.83596"W	0.579	0.004	0.006
PUNTO FIJO	32°28'39.13743"S	58°13'14.99671"W	11.03	0.009	0.014
BULON BARANDA	32°28'39.13471"S	58°13'14.99644"W	10.973	0.007	0.010
PUNTO MOP (7.82 m)	32°28'40.06598"S	58°13'16.82107"W	7.561	0.007	0.012
ESCALA 1 - 7.0 m	32°28'39.71095"S	58°13'16.66853"W	6.64	0.017	0.023



Figura 2.5. Escala hidrométrica 1 (izquierda), bulón y placa instalados (derecha)

2.4.4. Colón

En el punto de medición de Colón la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Paysandú, Uruguay (UYPA) ubicada aproximadamente a 11 km. Desde la estación UYPA a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.002 m y en vertical 0.007 m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Relevamiento RTK Colón

Colón					
Nombre punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Presición horizontal (m)	Presición vertical (m)
BASE	32°12'52.80701"S	58°08'13.07214"W	3.645		
NIVEL DE AGUA (1.25 m)	32°12'53.79205"S	58°08'13.46653"W	0.989	0.005	0.009
PUNTO FIJO	32°12'53.84556"S	58°08'13.27704"W	5.345	0.003	0.006
PUNTO MOP (2.82 m)	32°12'56.17217"S	58°08'11.33019"W	6.932	0.017	0.015
ESCALA 1 – 4.0 m	32°12'53.57511"S	58°08'13.43206"W	3.707	0.006	0.009
ESCALA 2 - 5.1 m	32°12'54.63515"S	58°08'13.46325"W	4.747	0.004	0.006
ESCALA 2 – 6.0 m	32°12'54.63345"S	58°08'13.46135"W	5.635	0.004	0.007
ESCALA 3 – 6.0 m	32°12'54.91379"S	58°08'13.41576"W	5.659	0.004	0.007
ESCALA 3 – 7.0 m	32°12'54.91178"S	58°08'13.41029"W	6.668	0.005	0.008
ESCALA 4 – 7.0 m	32°12'55.51333"S	58°08'13.34588"W	6.615	0.007	0.012
ESCALA 4 – 8.0 m	32°12'55.51165"S	58°08'13.34842"W	7.613	0.008	0.014
ESCALA 5 – 8.0 m	32°12'56.68716"S	58°08'12.18875"W	7.721	0.006	0.011
ESCALA 5 – 9.0 m	32°12'56.69172"S	58°08'12.18963"W	8.723	0.006	0.010
ESCALA 6 – 9.0 m	32°12'56.86032"S	58°08'12.13890"W	8.729	0.019	0.025



Figura 2.6. Escala hidrométrica 1 (izquierda), bulón y placa instalados (derecha)

2.4.5. Nuevo Berlín

En el punto de medición de Nuevo Berlín la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Mercedes, Uruguay (UYSO) ubicada aproximadamente a 32 km. Desde la estación UYSO a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.009 m y en vertical 0.020 m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Relevamiento RTK Nuevo Berlín

Nuevo Berlín					
Nombre Punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Presición horizontal (m)	Presición vertical (m)
BASE	32°58'46.47952"S	58°03'47.12843"W	4.368		
NIVEL DE AGUA (0.86 m)	32°58'42.68563"S	58°03'49.22895"W	0.503	0.011	0.023
PUNTO FIJO	32°58'42.65708"S	58°03'49.31555"W	4.232	0.009	0.014
ESCALA 1 - 1.3 m	32°58'42.68873"S	58°03'49.24608"W	1.026	0.019	0.042



Figura 2.7. Escala hidrométrica 1 (izquierda) y placa instalada (derecha)

2.4.6. Paysandú

En el punto de medición de Paysandú la estación permanente GNSS que se utilizó fue la ubicada en Paysandú, Uruguay (UYPA) ubicada aproximadamente a 4 km. Desde la estación UYPA a la base GPS la precisión horizontal que se obtuvo fue de 0.001 m y en vertical 0.003 m. Las precisiones de los vectores relativos a la estación base figuran en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Relevamiento RTK Paysandú

Paysandú					
Nombre punto	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Presición horizontal (m)	Presición vertical (m)
BASE	32°18'50.58328"S	58°06'12.77982"W	6.994		
NIVEL DE AGUA (0.86 m)	32°18'51.58646"S	58°06'15.56631"W	0.898	0.005	0.008
PUNTO FIJO SGM 1	32°18'50.63842"S	58°06'13.22180"W	6.796	0.007	0.010
PUNTO FIJO SGM 2	32°18'56.34116"S	58°06'14.39733"W	6.704	0.004	0.006
PUNTO FIJO SGM 3	32°19'01.28531"S	58°06'14.09941"W	6.555	0.004	0.006
PUNTO FIJO SGM 4	32°18'44.29093"S	58°06'07.50314"W	6.731	0.005	0.008
ESCALA 1 - 4.0 m	32°18'51.49308"S	58°06'13.74451"W	4.119	0.014	0.025
ESCALA 1 - 7.05 m	32°18'51.49214"S	58°06'13.74910"W	7.104	0.004	0.007



Figura 2.8. Nivel de agua medido (izquierda) y punto fijo existente Servicio Geográfico Militar, Uruguay (derecha)

3. SÍNTESIS

En la Tabla 2.7 se comparan los ceros de escalas relevados con los usados previamente en la modelación. Las diferencias oscilan entre los 0.25 y 0.32 m.

Tabla 3.7. Comparativa entre ceros de escalas hidrométricas

Escala hidrométrica	Cero IGN anterior (m)	Cero IGN relevado (m)	Diferencia (m)
Boca del Gualguaychú	-0.18	-0.43	0.25
Campichuelo	-0.08	-0.39	0.31
Concepción del Uruguay	-0.05	-0.37	0.32
Colón	0.03	-0.26	0.29
Nuevo Berlín	-	-0.36	-
Paysandú	0.33	0.04	0.29

En la tabla 2.8 se comparan los puntos relevados con puntos fijos SGM (ROU) observándose diferencias entre -0.006 y 0.037 m con respecto a las mediciones.

Tabla 3.8. Comparativa de puntos relevados con puntos fijos SGM (ROU)

Nombre punto	Cero ROU98 (m)	Cero IGN relevado (m)	Diferencia (m)
SGM1	6.833	6.796	0.037
SGM2	6.724	6.704	0.020
SGM3	6.590	6.555	0.035
SGM4	6.725	6.731	-0.006

Con el fin de buscar las causas que expliquen las diferencias entre los ceros anteriores y presentes relevados, se seleccionaron puntos MOP relevados y se procedió a inferir la cota del cero de la regla como herramienta de contraste con respecto a la cota medida directamente con GPS diferencial.

- En campichuelo se encontró instalado un punto MOP con su cota correspondiente (Figura 2.4), siendo este valor 7.657 m. A su vez, el punto medido directamente con GPS diferencial nos da un valor de 6.842 m IGN. Resultando así una diferencia entre MOP e IGN de 0.815 m en esta zona. El cero de la regla medido es -0.39 m IGN.

Por otra parte, la CARU tiene el cero de la regla en Wharton, siendo este valor de 0.61 m. Para pasarlo a MOP se consideró la diferencia constante entre ambos sistemas de 0.1367 m, por lo tanto el cero de la regla es $(0.61 \text{ m} - 0.1367 \text{ m})$ 0.4733 m MOP. Considerando la diferencia entre MOP e IGN de 0.815 m tenemos un cero de la regla inferido igual a $(0.4733 \text{ m} - 0.815 \text{ m})$ -0.34 m IGN (Figura 3.0).

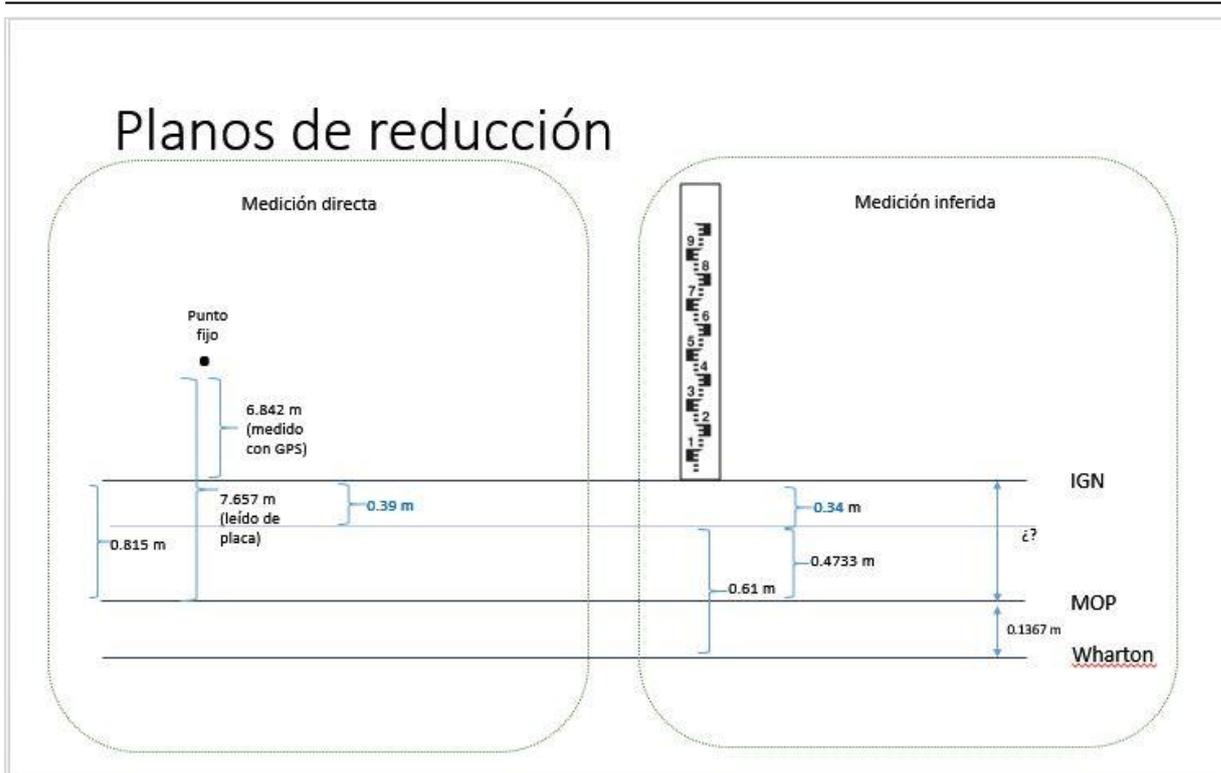


Figura 3.0. Planos de reducción de cero de escala hidrométrica en Campichuelo.

- En Colón se encontró un punto MOP de Crecida Máxima Observada en el cual figura una altura de 10 m sobre el cero de la regla. La cota relevada directamente con GPS diferencial dio 9.752 m IGN. El cero de la regla medido con GPS diferencial dio -0.26 m IGN.

CARU tiene el cero de la regla en Wharton, siendo este valor de 0.72 m. Para pasarlo a MOP se consideró la diferencia constante entre ambos sistemas de 0.1367 m, por lo tanto el cero de la regla es $(0.72 \text{ m} - 0.1367 \text{ m})$ 0.5833 m MOP. Así se obtiene una cota de 10.5833 m MOP de la Crecida Máxima Observada. A partir de este dato podemos obtener la diferencia entre los sistemas MOP e IGN en esta zona, siendo esta de $(10.5833 \text{ m} - 9.752 \text{ m})$ 0.831 m. Por último para obtener el cero de la regla inferido procedemos a restar el cero de la regla en MOP con respecto a la diferencia entre MOP e IGN para la zona $(0.5833 \text{ m} - 0.831 \text{ m})$ siendo el valor obtenido de -0.25 m IGN (Figura 3.1)

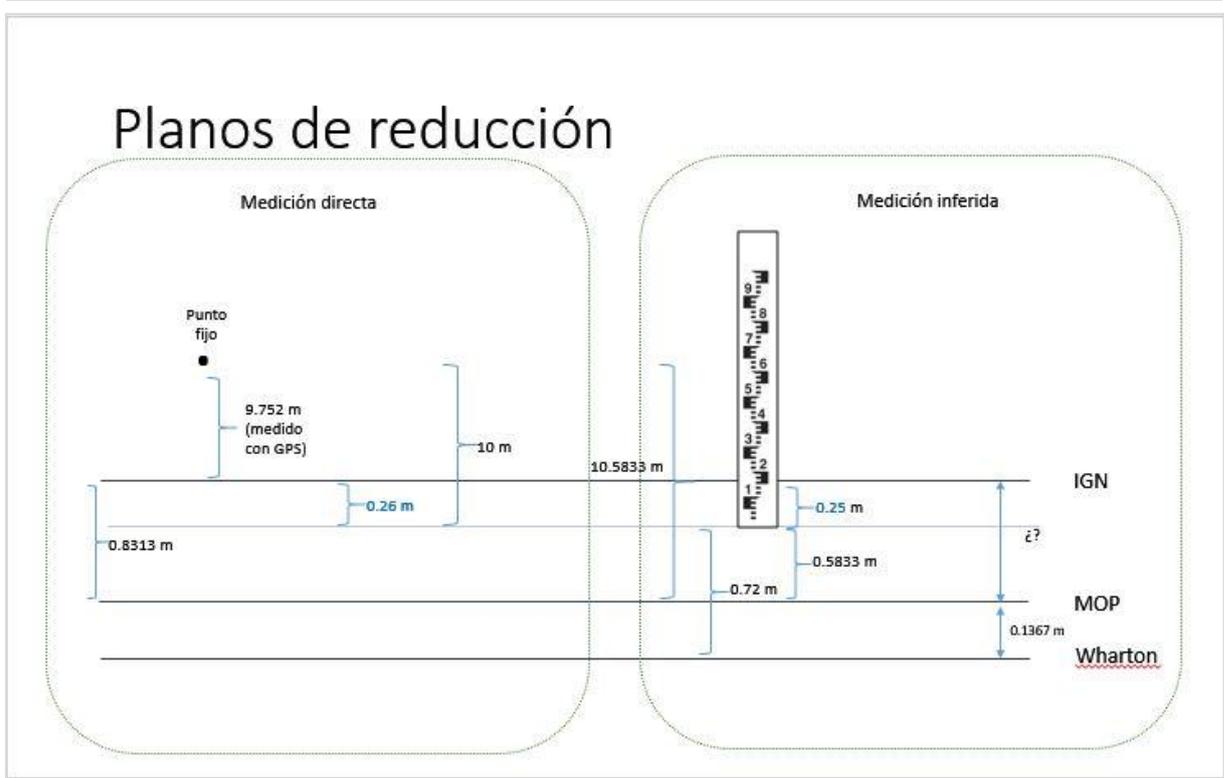


Figura 3.1. Planos de reducción de cero de escala hidrométrica en Colón.

- En Concepción del Uruguay se encontró un punto MOP de Crecida Máxima Observada en el cual figura una altura de 7.82 m sobre el cero de la regla. La cota relevada directamente con GPS diferencial dio 7.561 m IGN. El cero de la regla medido con GPS diferencial dio -0.37 m IGN.

CARU tiene el cero de la regla en Wharton, siendo este valor de 0.64 m. Para pasarlo a MOP se consideró la diferencia constante entre ambos sistemas de 0.1367 m, por lo tanto el cero de la regla es $(0.64 \text{ m} - 0.1367 \text{ m})$ 0.5033 m MOP. Así se obtiene $(7.82 \text{ m} + 0.5033 \text{ m})$ una cota de 8.323 m MOP de la Crecida Máxima Observada. A partir de este dato podemos obtener la diferencia entre los sistemas MOP e IGN en esta zona, siendo esta de $(8.323 \text{ m} - 7.561 \text{ m})$ 0.761 m. Por último para obtener el cero de la regla inferido procedemos a restar el cero de la regla en MOP con respecto a la diferencia entre MOP e IGN para la zona $(0.5033 \text{ m} - 0.761 \text{ m})$ siendo el valor obtenido de -0.26 m IGN (Figura 3.2).

En este caso la mayor diferencia entre el cero medido con GPS diferencial y el cero inferido puede ser mayor dado que el tramo de la regla que se pudo relevar por las condiciones físicas (presencia de muelle, puentes y estructuras de hierro) fue el tramo de 7 m, arrastrándose errores por alineación entre reglas.

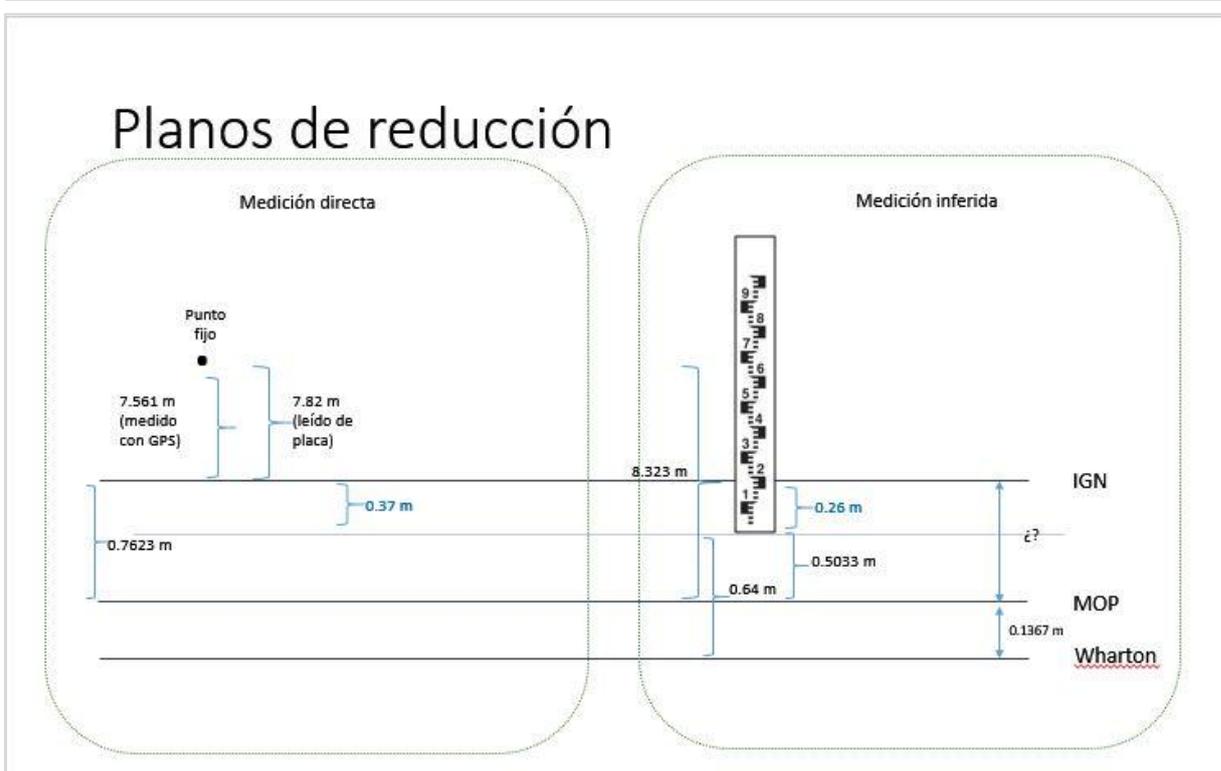


Figura 3.2. Planos de reducción de cero de escala hidrométrica en Concepción del Uruguay.

- En Paysandu se ubicaron puntos fijos construidos por el Servicio Geográfico Militar de Uruguay (SGM), a partir de la monografía del punto fijo se sabe que la cota del punto es 7.743 m Wharton. Para pasarlo a MOP se consideró la diferencia constante entre ambos sistemas de 0.1367 m, por lo tanto el cero de la regla es (7.743 m – 0.1367 m) 7.6063 m MOP. La cota del cero relevada directamente con GPS diferencial dio 6.796 m IGN. A partir de este dato podemos obtener la diferencia entre los sistemas MOP e IGN en esta zona, siendo esta de (7.6063 m – 6.796 m) 0.8103 m. El cero de la regla medido directamente con GPS diferencial dio 0.04 m IGN.

CARU tiene el cero de la regla en Wharton. Siendo este valor de 0.88 m. Para pasarlo a MOP se consideró la diferencia constante entre Wharton y MOP de 0.1367 m, por lo tanto el cero de la regla es 0.7433 m MOP (0.88 m – 0.1367 m). Considerando que la diferencia entre IGN y MOP en esta zona es de 0.8103 m se obtuvo un cero de la regla inferido (0.8103 m – 0.7433 m) de 0.07 m IGN (Figura 3.3).

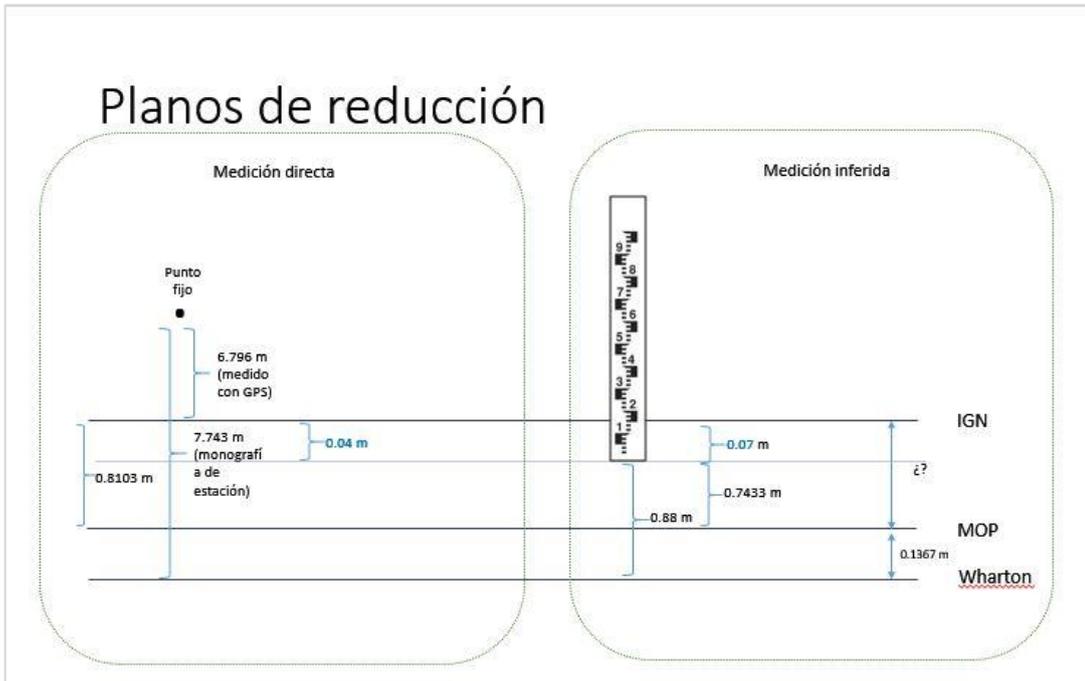


Figura 3.3. Planos de reducción de cero de escala hidrométrica en Paysandu.

REFERENCIAS

- Kandus, P., Morandeira, N., y Schivo, F., 2010. Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Laboratorio de Ecología, Teledetección y Eco-Informática (LETyE). Instituto de Investigaciones e Ingeniería Ambiental (3iA) Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)
- INA , 2017, Modelo Digital de Elevación del Delta del río Paraná, informe LHA-01-373-17, Instituto Nacional del Agua (INA), Ezeiza, Argentina.
- Piñon, D., Guagni, H., Cimbaro, S., 2016. Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.

ANEXOS

ESCALA HIDROMÉTRICA N° 1



Localidad: Gualeguaychú
 Departamento: Gualeguaychú
 Provincia: Entre Ríos
 País: Argentina
 Ubicación: Boca del Gualeguaychú - Destacamento Prefectura Naval Argentina



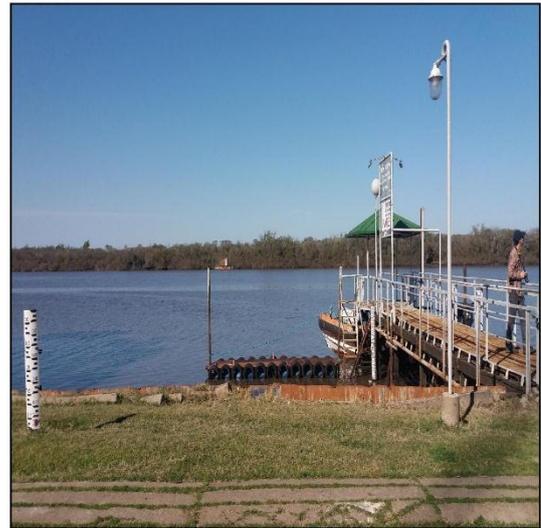
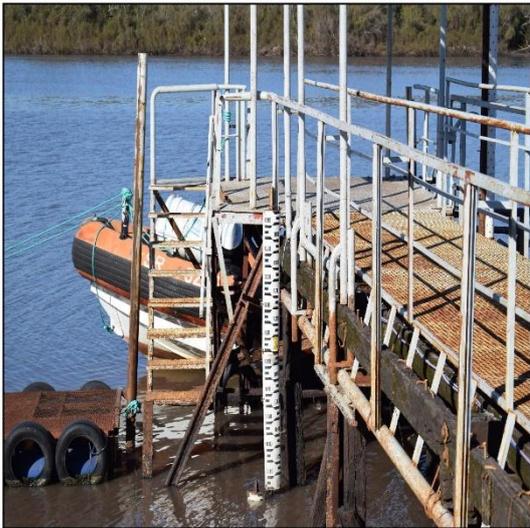
Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	33°04'26.11189"S	58°25'13.69078"W	2.496	
NIVEL DE AGUA	33°04'27.25784"S	58°25'13.52814"W	0.567	Lectura a 0.96 m
BULÓN	33°04'26.60683"S	58°25'13.51962"W	2.788	
ESCALA 1	33°04'27.08372"S	58°25'13.77866"W	2.394	Medido a 2.80 m
ESCALA 2	33°04'26.82041"S	58°25'13.25746"W	2.565	Medido a 3.00 m
ESCALA 3	33°04'26.56172"S	58°25'13.11900"W	4.501	Medido a 5.00 m

ESCALA HIDROMÉTRICA N° 1



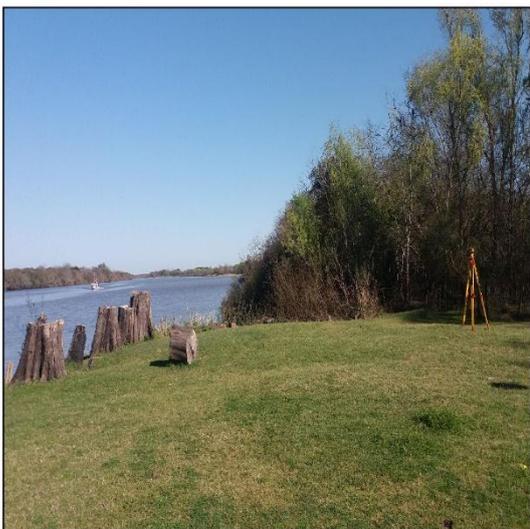
Escala hidrométrica 1

Escala hidrométrica 2



Base GPS

Bulón



ESCALA HIDROMÉTRICA N° 2



Localidad: Campichuelo
Departamento: Uruguay
Provincia: Entre Ríos
País: Argentina
Ubicación: Destacamento Prefectura Naval Argentina



ESCALA HIDROMÉTRICA N° 2



Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	32°41'22.17614"S	58°11'27.95537"W	6.794	
NIVEL DE AGUA	32°41'16.31493"S	58°11'13.81312"W	0.527	Lectura a 0.92 m
BULÓN	32°41'21.12406"S	58°11'27.13317"W	6.842	
ESCALA 1	32°41'21.87350"S	58°11'09.76493"W	1.406	Medido a 1.9 m
ESCALA 3	32°41'16.70907"S	58°11'14.40469"W	2.626	Medido a 3.1 m
ESCALA 2	32°41'21.60736"S	58°11'10.50076"W	2.524	Medido a 3.0 m
ESCALA 4	32°41'16.76047"S	58°11'14.65270"W	3.689	Medido a 4.1 m
ESCALA 4	32°41'16.75953"S	58°11'14.64525"W	4.453	Medido a 4.9 m
ESCALA 5	32°41'16.80837"S	58°11'14.71354"W	4.597	Medido a 5.0 m
ESCALA 6	32°41'16.83601"S	58°11'14.75605"W	5.515	Medido a 6.0 m
ESCALA 6	32°41'16.83582"S	58°11'14.74638"W	6.506	Medido a 7.0 m

Observación: Presencia de escalas inclinadas y en mal estado. No se pudo relevar la escala más próxima al curso de agua dada las interferencias radiales presentes. Se relevó un bulón existente.

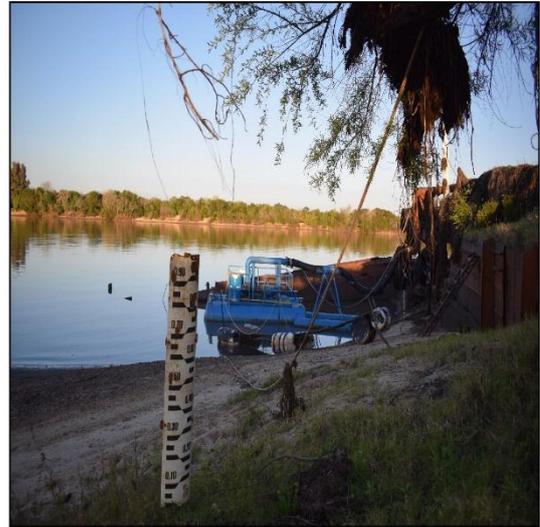
ESCALA HIDROMÉTRICA N° 2



ESCALA HIDROMÉTRICA 2



ESCALA HIDROMÉTRICA 3



ESCALAS HIDROMÉTRICAS



BULÓN



ESCALA HIDROMÉTRICA 3



Localidad: Concepción del Uruguay
 Departamento: Uruguay
 Provincia: Entre Ríos
 País: Argentina
 Ubicación: Costanera frente a Prefectura de Puerto



Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	32°28'40.00719"S	58°13'15.04183"W	8.337	
NIVEL DE AGUA	32°28'36.08449"S	58°13'14.83596"W	0.579	Lectura a 0.95 m
BULÓN	32°28'39.13743"S	58°13'14.99671"W	11.03	
BULÓN BARANDA	32°28'39.13471"S	58°13'14.99644"W	10.973	
PUNTO MOP	32°28'40.06598"S	58°13'16.82107"W	7.561	Registrado a 7.82 m
ESCALA	32°28'39.71095"S	58°13'16.66853"W	6.64	Lectura a 7.00 m

ESCALA HIDROMÉTRICA 3



Observación: En este relevamiento varios tramos de reglas no pudieron ser relevados, dado que se encontraban ubicados debajo de la estructura del muelle y aledaños a puentes que generaron interferencias en la medición.

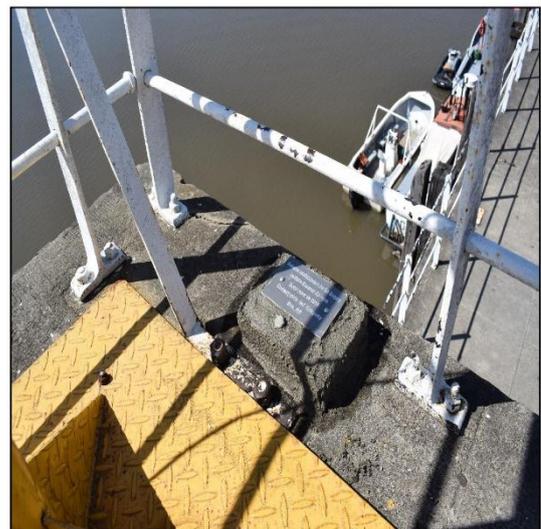
Escala hidrométrica

Base GPS



Punto MOP

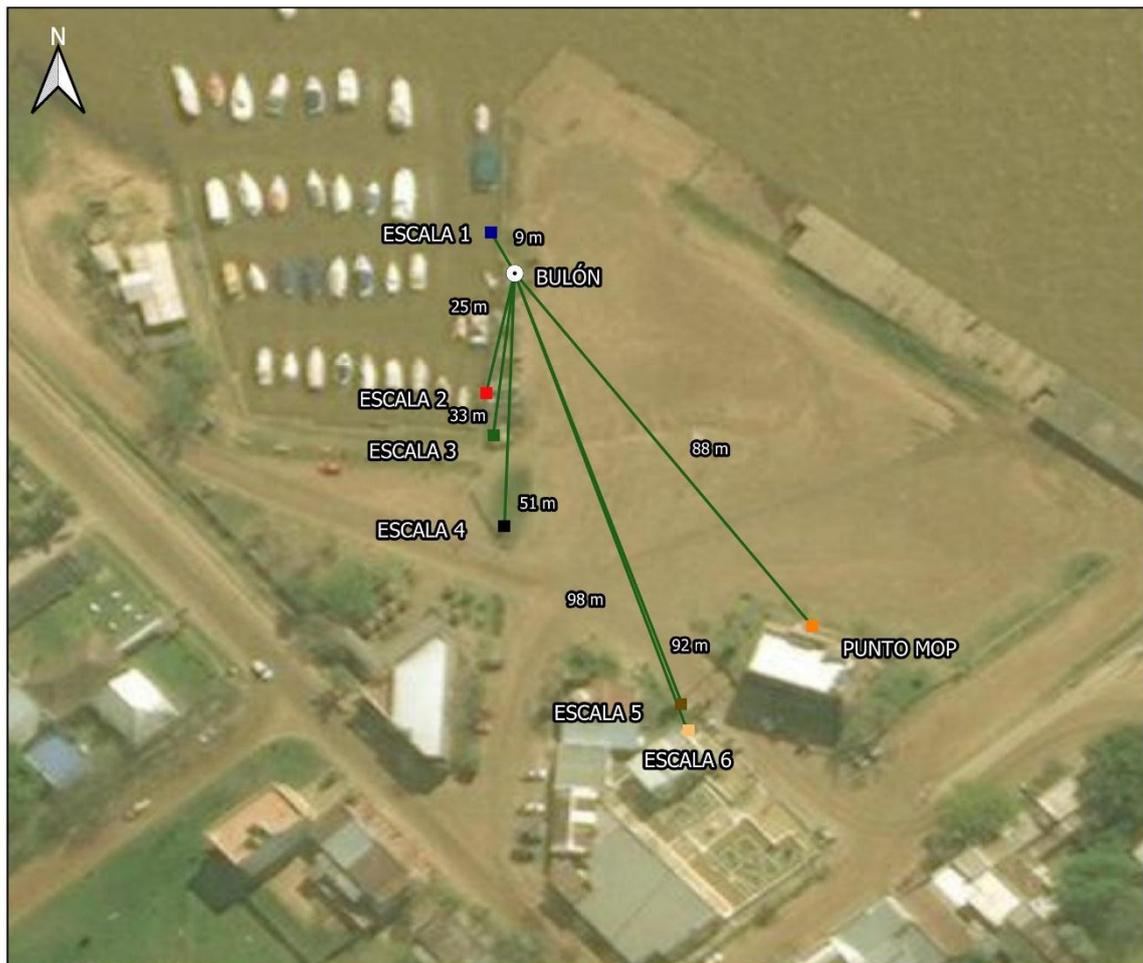
Bulón



ESCALA HIDROMÉTRICA N° 4



Localidad: Colón
 Departamento: Colón
 Provincia: Entre Ríos
 País: Argentina
 Ubicación: Costanera frente a Prefectura de Puerto



ESCALA HIDROMÉTRICA N°4



Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	32°12'52.80701"S	58°08'13.07214"W	3.645	
NIVEL DE AGUA	32°12'53.79205"S	58°08'13.46653"W	0.989	Lectura a 1.25 m
BULÓN	32°12'53.84556"S	58°08'13.27704"W	5.345	
PUNTO MOP	32°12'56.17217"S	58°08'11.33019"W	6.932	Registrado a 2.82 m
ESCALA 1	32°12'53.57511"S	58°08'13.43206"W	3.707	Lectura a 4.00 m
ESCALA 2	32°12'54.63515"S	58°08'13.46325"W	4.747	Lectura a 5.10 m
ESCALA 2	32°12'54.63345"S	58°08'13.46135"W	5.635	Lectura a 6.00 m
ESCALA 3	32°12'54.91379"S	58°08'13.41576"W	5.659	Lectura a 6.00 m
ESCALA 3	32°12'54.91178"S	58°08'13.41029"W	6.668	Lectura a 7.00 m
ESCALA 4	32°12'55.51333"S	58°08'13.34588"W	6.615	Lectura a 7.00 m
ESCALA 4	32°12'55.51165"S	58°08'13.34842"W	7.613	Lectura a 8.00 m
ESCALA 5	32°12'56.68716"S	58°08'12.18875"W	7.721	Lectura a 8.00 m
ESCALA 5	32°12'56.69172"S	58°08'12.18963"W	8.723	Lectura a 9.00 m
ESCALA 6	32°12'56.86032"S	58°08'12.13890"W	8.729	Lectura a 9.00 m

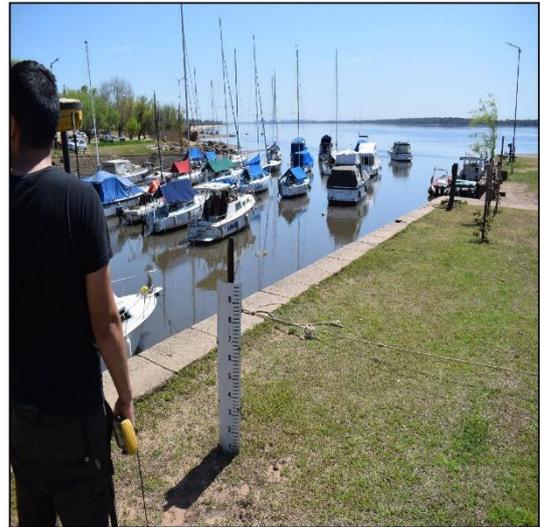
ESCALA HIDROMÉTRICA N°4



Escala hidrométrica 1



Escala hidrométrica 2



Punto MOP



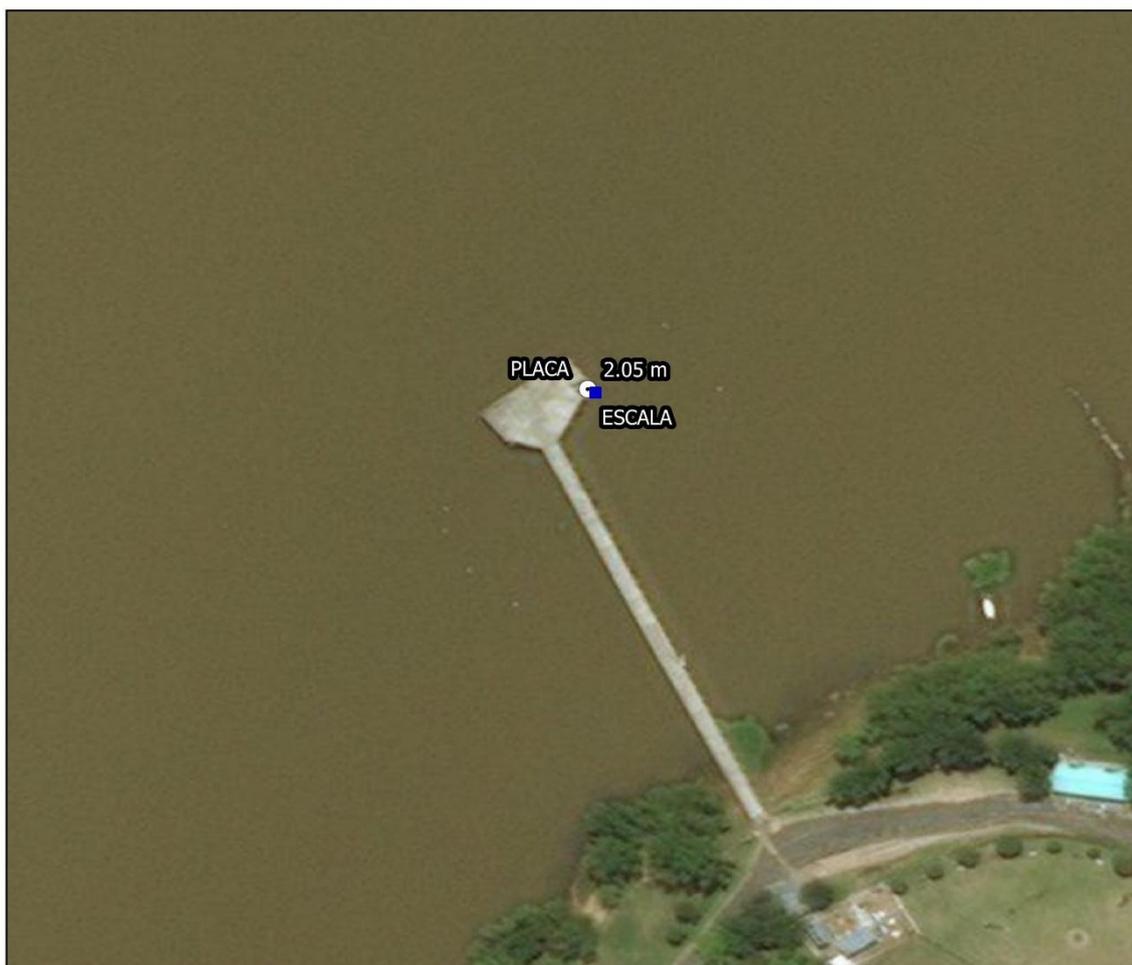
Bulón



ESCALA HIDROMÉTRICA N° 5



Localidad: Nuevo Berlín
 Departamento: Río Negro
 País: Uruguay
 Ubicación: Muelle de Nuevo Berlín



Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	32°58'46.47952"S	58°03'47.12843"W	4.368	
NIVEL DE AGUA	32°58'42.68563"S	58°03'49.22895"W	0.503	LECTURA A 0.86 m
PLACA	32°58'42.65708"S	58°03'49.31555"W	4.232	VÉRTICE INFERIOR IZQUIERDO
ESCALA	32°58'42.68873"S	58°03'49.24608"W	1.026	MEDIDA A 1.3 m

Observación: En este relevamiento no se colocó bulón, solo placa.

ESCALA HIDROMÉTRICA N° 5



ESCALA HIDROMÉTRICA



PLACA



ESCALA HIDROMÉTRICA N°6



Localidad: Paysandú
Departamento: Paysandú
País: Uruguay
Ubicación: Puerto de Paysandú



ESCALA HIDROMÉTRICA N°6



Nombre	Latitud	Longitud	Cota (m)	Nota
BASE	32°18'50.58328"S	58°06'12.77982"W	6.994	
NIVEL DE AGUA	32°18'51.58646"S	58°06'15.56631"W	0.898	
PLACA SGM 1	32°18'50.63842"S	58°06'13.22180"W	6.796	
PLACA SGM 2	32°18'56.34116"S	58°06'14.39733"W	6.704	
PLACA SGM 3	32°19'01.28531"S	58°06'14.09941"W	6.555	
PLACA SGM 4	32°18'44.29093"S	58°06'07.50314"W	6.731	
ESCALA 1	32°18'51.49308"S	58°06'13.74451"W	4.119	Lectura a 4.00 m
ESCALA 1	32°18'51.49214"S	58°06'13.74910"W	7.104	Lectura a 7.05 m

Observación: Dada la dificultad de acceso y a las interferencias radiales presentes hubo dos tramos de reglas que no se pudieron relevar. No se colocó bulón ni placa, se relevaron puntos fijos ya establecidos.

ESCALA HIDROMÉTRICA N°6



Escala hidrométrica



Base GPS



Placa SGM 1



Placa SGM 4





RED GEODÉSICA NACIONAL

MONOGRAFÍA DE ESTACIÓN

ID: PSD 04

COORDENADAS	
Latitud	32°18'44"295 S
Longitud	58°06'07"504 W
Sistema de Referencia: SIRGAS-ROU98	
Determinación: GPS L1-L2	
Fecha de Construcción:	octubre 2013
Fecha de Medición:	diciembre 2013
UBICACIÓN	
Centrado en cabecera N del muelle del puerto de Paysandú.	
Referencia Cartográfica PCN10 E: 1:10.000	
SEÑALIZACIÓN	
Chapa de Nivelación del S.G.M. sobre plataforma del muelle.	
OBSERVACIONES	
N.M.M.: Nivel Medio del Mar. Cero Oficial Ley del 20/03/1948.	

ALTITUD		
Elipsoidal	Chapa	24,202 m.
	Rosca 5/8"	
Determinación: GPS L1-L2		
N. Oficial	Chapa	6,725 m.
	Rosca 5/8"	
M. Wharton	Chapa	7,635 m.
	Rosca 5/8"	
Determinación: Nivelación Alta Precisión		



Avda. 6 de Octubre 3256 - Tel: (598) 2 487 18 10 - Fax: (598) 2 487 08 88 - www.sgm.gub.uy
 Montevideo - Uruguay



RED GEODÉSICA NACIONAL

MONOGRAFÍA DE ESTACIÓN

ID: PSD 03

COORDENADAS		ALTITUD	
Latitud	32°18'50"642 S	Elipsooidal	Chapa 24,321 m.
Longitud	58°06'13"221 W		Rosca 5/8"
Sistema de Referencia: SIRGAS-ROU98		Determinación: GPS L1-L2	
Determinación: GPS L1-L2		N. Oficial	Chapa 6,833 m.
Fecha de Construcción:	octubre 2013		Rosca 5/8"
Fecha de Medición:	diciembre 2013	M. Determinación	Nivelación Alta Precisión
UBICACIÓN			Cero Chapa 7,743 m.
Frente del edificio de A.N.P. al E de acceso al mismo (sobre jardín).		M. Cero Wharton	Rosca 5/8"
Referencia Cartográfica PCN10 E: 1:10.000		Determinación Nivelación Alta Precisión	
		FOTOGRAFÍAS	
SEÑALIZACIÓN			
Chape de Nivelación del S.G.M. ubicada en cámara subterránea de 20 cm por 20 cm.			
OBSERVACIONES			
N.M.M.: Nivel Medio del Mar. Cero Oficial Ley del 20/03/1948.			

Ave. 8 de Octubre 3255 - Tel: (598) 2 407 18 10 - Fax: (598) 2 487 88 88 - www.sgm.gub.uy
 Montevideo - Uruguay



RED GEODÉSICA NACIONAL

MONOGRAFÍA DE ESTACIÓN

ID: PSD 02

COORDENADAS		ALTITUD	
Latitud	32°18'56"345 S	Elipsoidal	Chapa 24,213 m. Rosca 5/8"
Longitud	58°06'14"397 W	Determinación: GPS L1-L2	
Sistema de Referencia: SIRGAS-ROU88		N. Oficial	Chapa 6,724 m. Rosca 5/8"
Determinación: GPS L1-L2			M. Determinación
Fecha de Construcción: octubre 2013		M. Cero Wharton	Chapa 7,634 m. Rosca 5/8"
Fecha de Medición: diciembre 2013			M. Determinación
UBICACIÓN			
1 m al E del borde del muelle y 10 m al W de callejón entre dos depósitos del puerto de Paysandú.			
Referencia Cartográfica PCN10 E: 1:10.000			
SEÑALIZACIÓN			
Chapa de Nivelación del S.G.M. sobre plataforma del muelle.			
OBSERVACIONES			
N.M.M.: Nivel Medio del Mar. Cero Oficial Ley del 20/03/1948.			
FOTOGRAFÍAS			

Ave. 8 de Octubre 3258 - Tel: (598) 2 487 18 10 - Fax: (598) 2 487 03 60 - www.sgm.gub.uy
 Montevideo - Uruguay



RED GEODÉSICA NACIONAL
MONOGRAFÍA DE ESTACIÓN

ID: PSD 04

COORDENADAS		ALTITUD	
Latitud	32°18'44"295 S	Elipsoidal	Chapa 24.202 m. Rosca 5/8"
Longitud	58°06'07"504 W	Determinación: GPS L1-L2	
Sistema de Referencia: SIRGAS-ROU98		N. M. M.	Cero Chapa 6,725 m. Rosca 5/8"
Determinación: GPS L1-L2			Determinación Nivelación Alta Precisión
Fecha de Construcción:	octubre 2013	Cero Wharton Chapa 7,835 m. Rosca 5/8"	Determinación Nivelación Alta Precisión
Fecha de Medición:	diciembre 2013		
UBICACIÓN			
Centrado en cabecera N del muelle del puerto de Paysandú.			
Referencia Cartográfica PCN10 E: 1:10.000			
SEÑALIZACIÓN			
Chapa de Nivelación del S.G.M. sobre plataforma del muelle.			
OBSERVACIONES			
N.M.M.: Nivel Medio del Mar. Cero Oficial Ley del 20/03/1948.			
FOTOGRAFÍAS			

Avda. 8 de Octubre 3255 - Tel: (566) 2 487 18 10 - Fax: (566) 2 487 05 66 - www.sgm.gub.uy
 Montevideo - Uruguay