

# Manufactura de escalas hidrométricas



## INFORME TÉCNICO

---

**Informe LH 11-373-25**  
OCTUBRE 2025



## **AUTORIDADES DEL INA**

**PRESIDENTE (A/C)**

Lic. Bernardo Bartolomé HEREDIA

**GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS**

Ing. Fernando José ZÁRATE

**SUBGERENTE DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA**

Dr. Ing. Pablo Ezequiel GARCÍA

## **EQUIPO DE TRABAJO**

Ing. Tomás BERNARDO

Lic. Nicolás ORTIZ

Ing. Adán QUISBERT

Ing. Federico RODRIGUEZ

Ing. Santiago GUIZZARDI

Tec. Fernando G. PEREYRA

Ing. Mariano RE

Ing. Martín SABAROTS GERBEC

**INFORME PRODUCIDO POR:**

Tec. Fernando G. PEREYRA



## Manufactura de escalas hidrométricas

### RESUMEN

El Proyecto DELTA tiene como propósito fortalecer el monitoreo hidrométrico en el Delta del río Paraná mediante la instalación y mantenimiento de instrumentos de medición. Desde 2016, se realizan tareas orientadas al registro de niveles de agua mediante sensores automáticos y reglas hidrométricas tradicionales. La producción de estas últimas requiere de materiales resistentes y de alto costo, lo que motiva la búsqueda de alternativas sustentables. En este contexto, el Laboratorio de Hidráulica del INA desarrolló un proceso de fabricación de escalas hidrométricas utilizando materiales reciclados provenientes de modelos físicos hidráulicos como ser placas acrílicas. El proceso, realizado en un router CNC (Control Numérico Computarizado), incluyó la selección y corte del material, la fijación y calibración en el equipo, el diseño y programación de trayectorias con software específico, y la posterior ejecución del mecanizado. Se realizaron controles dimensionales para garantizar la precisión del producto y se aplicó pintura epoxi, elegida por su durabilidad frente a condiciones ambientales adversas. Finalmente, se efectuó el desbaste y acabado final, asegurando una buena visibilidad y calidad estética. Las escalas producidas se instalaron en sitios estratégicos del Delta, facilitando el acceso de la comunidad a información hidrométrica confiable y promoviendo el uso responsable y sostenible de materiales en la gestión de los recursos hídricos.

**Descriptores temáticos:** hidrometría – escalas hidrométricas – centro de mecanizado – reúso de materiales

**Descriptores geográficos:** delta del río Paraná - provincia de Entre Ríos – provincia de Santa Fe – provincia de Buenos Aires



## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
2.	OBJETIVO.....	6
3.	MECANIZADO Y PRODUCCIÓN .....	7
3.1.	Selección de material y corte de pieza bruta.....	7
3.2.	Fijación para el mecanizado .....	8
3.3.	CAD y CAM: conformación de vectores de trayectoria.....	9
3.4.	Programación, montado y palpado de off-set de herramientas. ....	11
3.5.	Control dimensional.....	12
3.6.	Pintura epoxi.....	13
3.7.	Desbaste de excedentes de material.....	14
4.	PRODUCTO TERMINADO.....	15
5.	INSTALACIÓN Y USO.....	16

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Proyecto DELTA, llevado adelante en el marco del Convenio de Cooperación Conjunta entre el INA y el INTA, contempla la vinculación con referentes locales y medición de variables hidrométricas en toda el área del Delta del río Paraná.

En este sentido, desde 2016 se llevan a cabo tareas orientadas a la medición de niveles de agua, tanto con sensores ultrasónicos y de presión que permiten la medición automática y transmisión en tiempo real, como con las tradicionales reglas o escalas hidrométricas. Estas últimas, permiten a los actores que habitan y trabajan en el Delta del río Paraná contar con un registro visual del nivel de agua, el cual se vincula con referencias altimétricas reconocidas, como el MOP e IGN.

Si bien las escalas hidrométricas son elementos conceptualmente simples, la materialización, por costos y durabilidad de los materiales implica explorar alternativas para su producción.

## **2. OBJETIVO**

Entre las actividades desarrolladas en el Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua se encuentra la modelación física. En el presente informe describe la fabricación de escalas hidrométricas utilizando material reciclado, previamente utilizado en modelos físicos hidráulicos.

En general, una vez concluidos los estudios experimentales que motivan la construcción de diferentes modelos físicos, quedan disponibles estructuras remanentes, en su mayoría compuestas por perfiles metálicos misceláneos y placas acrílicas, algunas de ellas termoformadas. Cabe aclarar que estos materiales no se consideran *scrap* (residuo) y suelen ser reutilizados en gran medida. En este caso, se reutilizaron placas de acrílico de 8 mm de espesor mediante procesos de arranque de viruta con un *router* CNC (*Control Numérico Computarizado*).

A continuación, se detalla de forma clara y paso a paso, cómo además de producir elementos importantes para el monitoreo hidrométrico, se extiende la vida útil de estos materiales disponibles, reduciendo costos y minimizando su impacto ambiental.

### 3. MECANIZADO Y PRODUCCIÓN

A continuación, se detalla el proceso de producción de escalas hidrométricas, desde el mecanizado de las piezas de acrílico, hasta el pintado y la terminación final.

#### 3.1. Selección de material y corte de pieza bruta

El equipo CNC disponible posee un rango de trabajo admisible de  $X = 1300$  mm,  $Y = 2300$  mm y  $Z = 350$  mm. Sin embargo, para la presente fabricación se definió un formato bruto de  $X = 550$  mm y  $Y = 600$  mm, atendiendo a la disponibilidad de material, las condiciones de manipulación y las particularidades geométricas de la pieza a conformar. La tarea de corte se realiza utilizando sierra sin fin equipada con hoja de 16 dientes por pulgada, contemplando las normas de seguridad e higiene de rigor.



Figura 3.1. Placas de acrílico a mecanizar.

### 3.2. Fijación para el mecanizado

Con la mesa previamente rectificada, se utilizó el equipo CNC para realizar cuatro orificios de fijación en la placa a mecanizar, con el fin de evitar inconsistencias relacionadas con las roscas preexistentes en el soporte. Los orificios fueron posicionados en los vértices de un cuadrado de 500 mm x 500 mm. Para esta operación se empleó el software *Vectric Aspire*. La fijación a la mesa se obtiene por intermedio de 4 tornillos de ¼ roscados a la misma convenientemente ajustados.

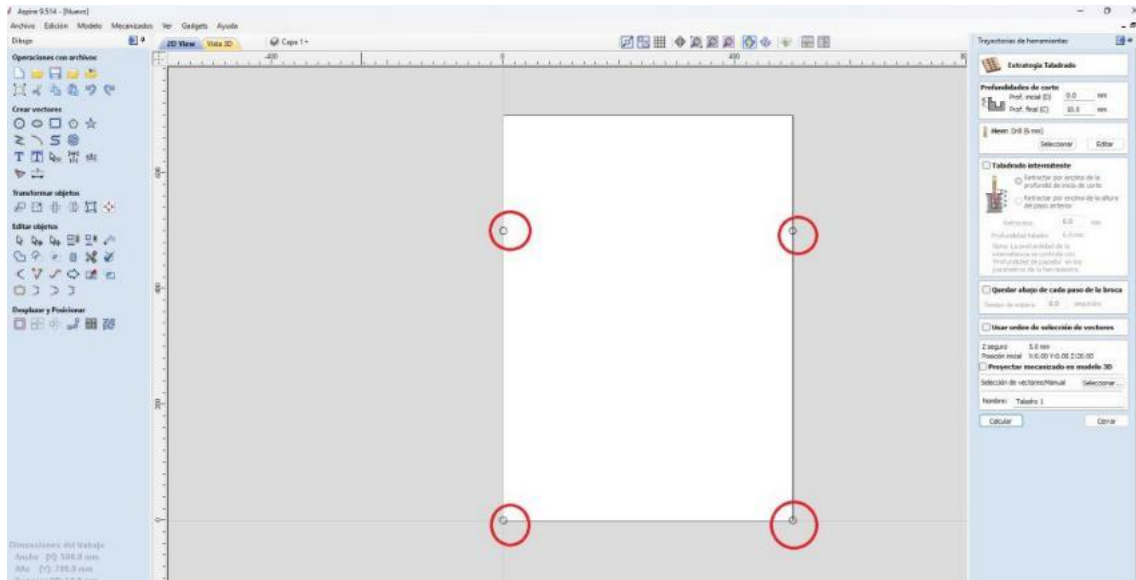


Figura 3.2. Definición de fijaciones

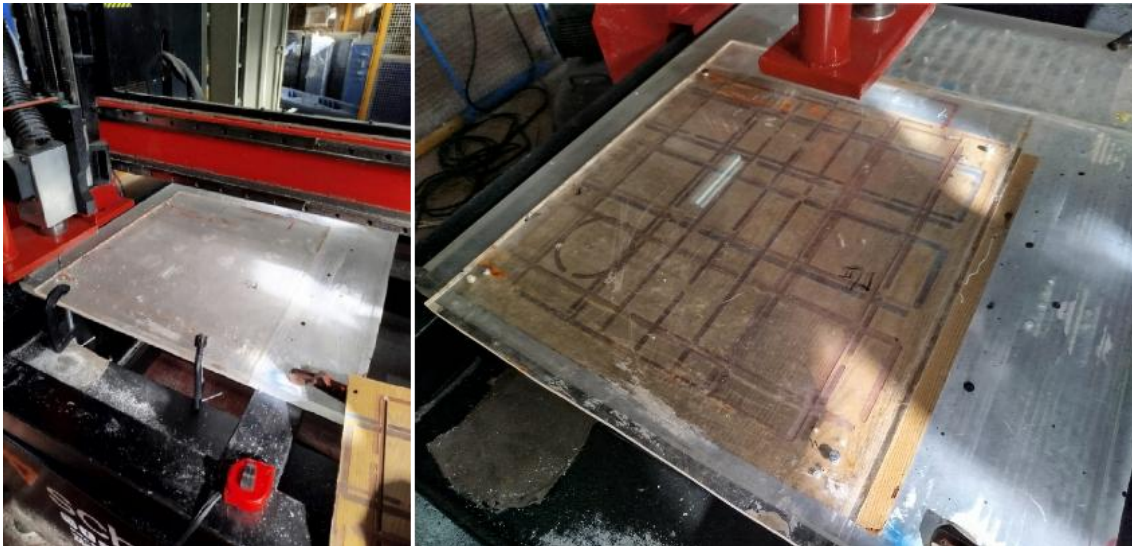


Figura 3.3. Imagen de las fijaciones.

### 3.3. CAD y CAM: conformación de vectores de trayectoria

Una vez convenientemente fijado el material a mecanizar, se procede al diseño de la pieza a conformar. Esta operación se realiza por medio de un software para diseño y mecanizado, que permite crear piezas 2D y 3D, importar archivos de diseño, generar códigos G y controlar máquinas CNC denominado *Vectric Aspire*. La elección de este software por sobre otros como el Solid CAM por ejemplo, es su extremada compatibilidad con Mach3. Este último es el software de control CNC.

Luego de diseñar la pieza, y para la creación de los correspondientes vectores de trayectoria, se selecciona la herramienta a utilizar detallando en *Vectric Aspire* sus características de trabajo y dimensiones para que el CAD-CAM lleve a cabo las compensaciones del caso. También se especifican las velocidades de corte y avance requeridos en tiempo y forma. Se cuenta para la verificación con una apropiada herramienta de simulación. Es importante para garantizar la estabilidad y fijación de la pieza en el período final del mecanizado, asegurar la misma mediante pestañas de troquelado creadas durante este último proceso. Los testigos remanentes son luego eliminados mediante un breve post procesamiento manual.

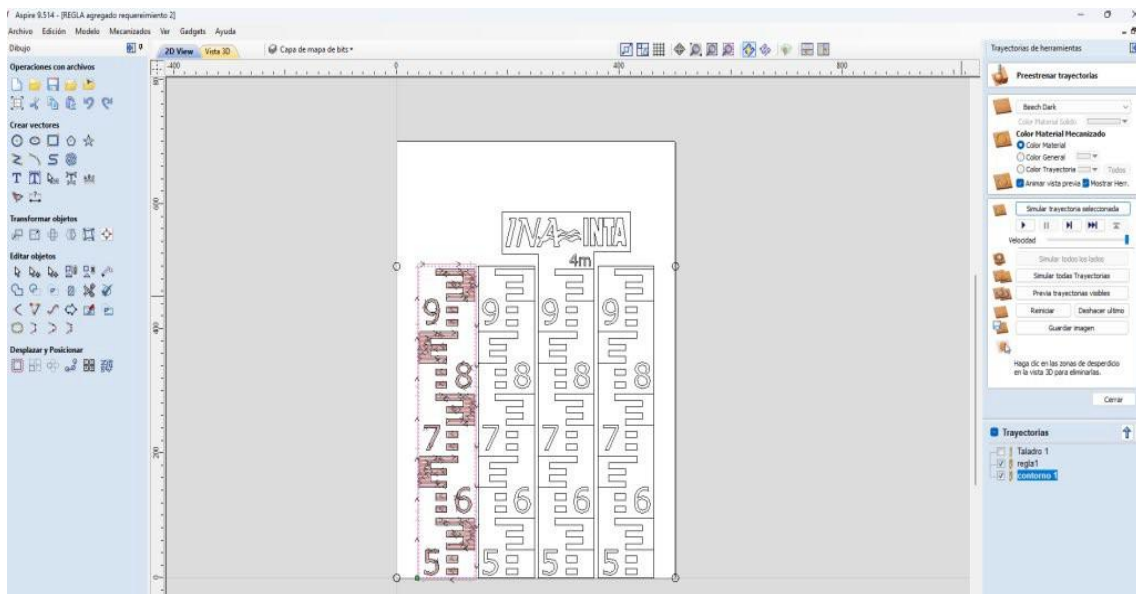


Figura 3.4. Diseño de la escala.

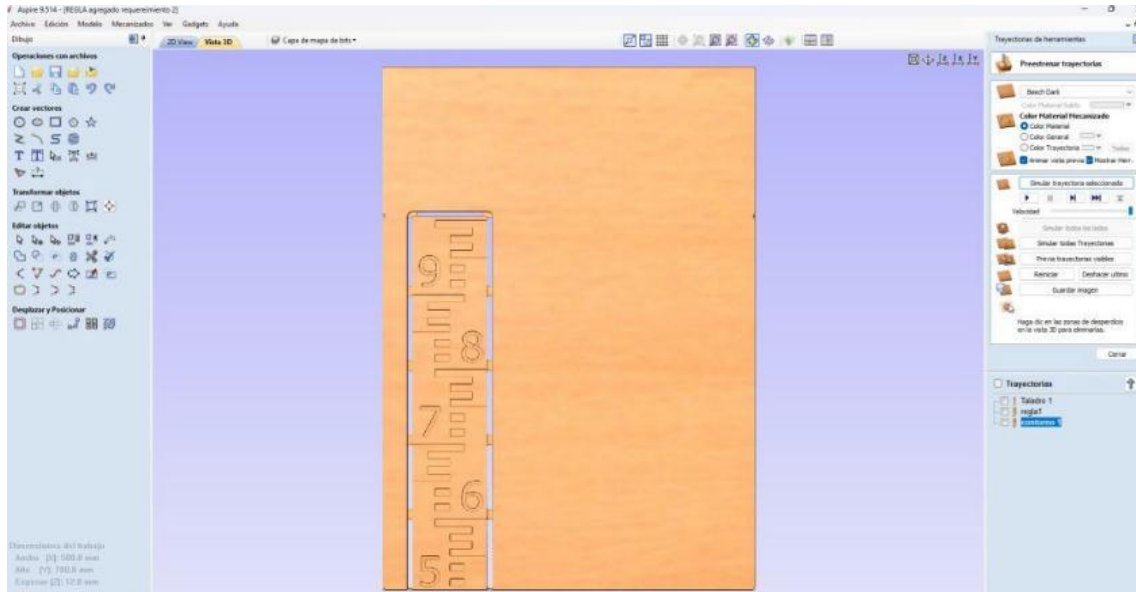


Figura 3.5. Renderización de la escala.

```

regla1.txt
Archivo  Editar  Ver

( ( regla1 )
( File created: Thursday June 12 2025 - 12:26 PM)
( for Mach2/3 from Vectric )
( Material Size)
( X= 500.000, Y= 700.000, Z= 12.000)
()
(Toolpaths used in this file:)
(contorno 1)
(Tools used in this file: )
(1 = fresa 7 mm)
N100G00G21G17G90G40G49G80
N110G71G91.1
N120T1M06
N130 (fresa 7 mm)
N140G00G43Z20.000H1
N150S1200M03
N160(Toolpath:- contorno 1)
N170()
N180G94
N190X0.000Y0.000F300.0
N200G00X36.500Y0.000Z5.000
N210G1Z-0.500F200.0
N220G1Y4.008F300.0
N230G1Y90.500
N240G1Y109.500
N250G1Y190.500
N260G1Y209.500
N270G1Y290.500
N280G1Y309.500
N290G1Y390.500
N300G1Y409.500
N310G1Y495.992
N320G1Y500.000
N330G2X40.000Y503.500I3.500J0.000
N340G1X49.500
N350G1X130.500
N360G1X140.000
N370G2X143.500Y500.000I0.000J-3.500
N380G1Y105.000

```

Figura 3.6. Código fuente de la escala.

### 3.4. Programación, montaje y palpado de off-set de herramientas.

La carga de las trayectorias se efectúa mediante un puerto USB, en forma de archivo compatible, en este caso, TXT. Para los diferentes procesos de mecanizado (cajeado, perfilado) se requieren algunos cambios de herramientas y la consecuente carga de su longitud en el off-set. Esta operación puede hacerse previamente con la totalidad de las herramientas a utilizar asignando un número de secuencia individual a cada una (Tool 1, 2, etc.) con su correspondiente longitud de compensación empleando M1 para interrumpir el mecanizado y diferenciar las operaciones; o bien en forma simultánea al reemplazo manual de las mismas, cargando la programación diferenciada en la secuencia discrecional que el operador considere. Este palpado de longitud se efectúa en la superficie del material a devastar.

Una vez asegurada la correcta disposición de herramientas y carga de programa, se da inicio al mecanizado, verificando que las condiciones de este cumplan con los parámetros previamente establecidos.

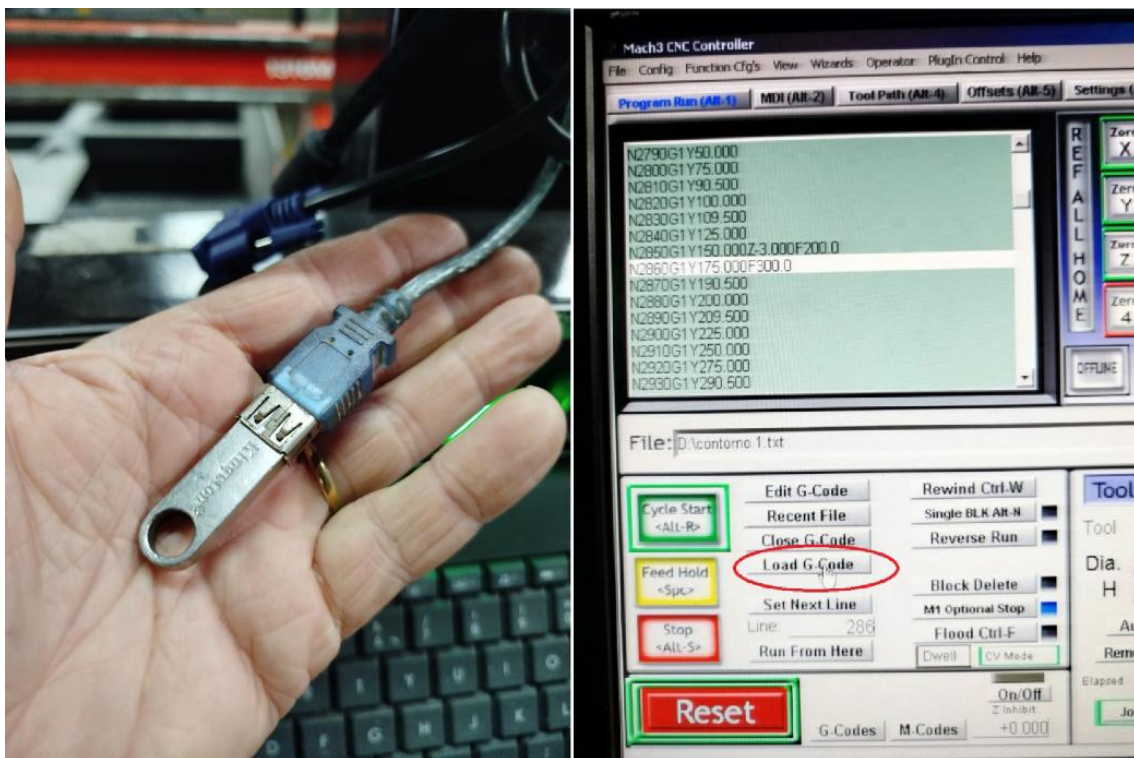


Figura 3.7. Carga en el software de mecanizado.



Figura 3.8. Palpado de herramientas para determinar compensación en Z.

### 3.5. Control dimensional

El producto terminado cumplirá funciones de registro dimensional. Por lo tanto, es de crucial importancia la fiabilidad de su desempeño. Para ello, y antes de dar continuidad a su manufactura, se efectúa un control dimensional *ad-hoc* con los elementos correspondientes.



Figura 3.9. Control dimensional *ad-hoc*.

### 3.6. Pintura tipo Epoxi

Luego de concluido el mecanizado, resta asignar y pintar los colores adecuados. Esto se lleva a cabo utilizando pintura del tipo Epoxi. Esta elección, si bien implica un costo mayor en insumos, contempla la fatiga a la que se verá expuesto el elemento de medición durante su vida útil. La rugosidad característica del mecanizado actúa como imprimación y los restos de pintura excedente son retirados de la cara superficial a través de un proceso de desbaste por esmerilado. Se utiliza, en este caso, una lijadora orbital y granulación numero sesenta. Esto contribuye también para darle una terminación agradable al tacto y estética a la superficie, contribuyendo a una visión óptima por su contraste.

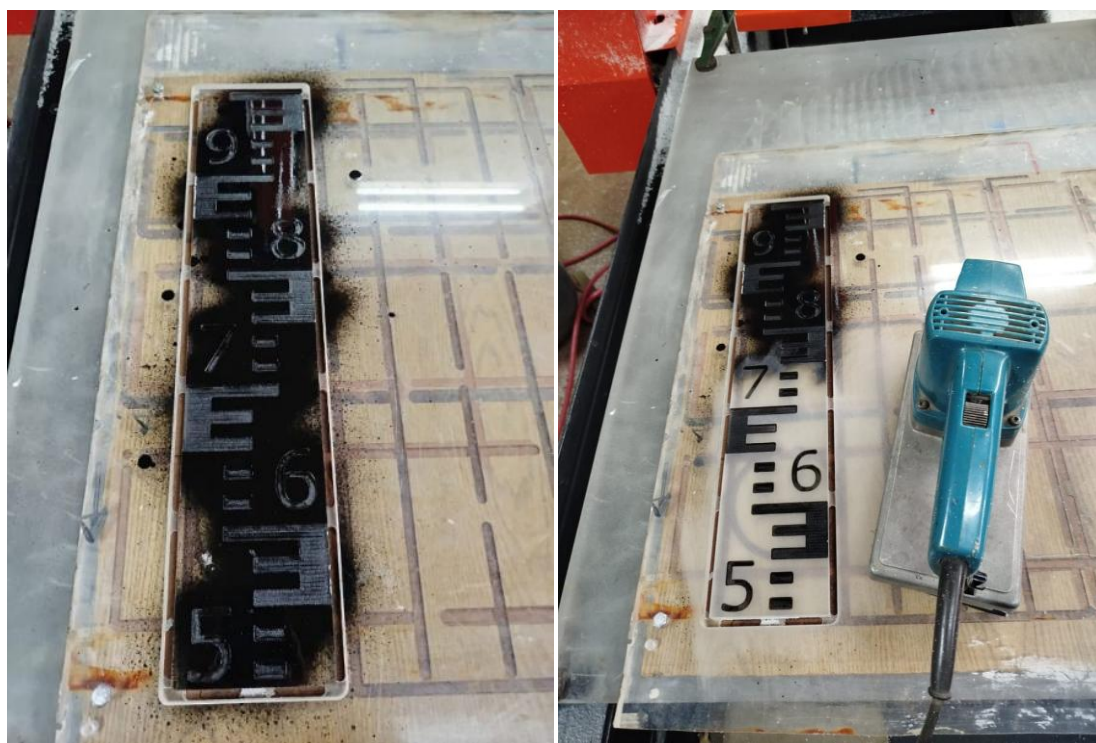


Figura 3.10. Proceso de pintado y terminación.

### 3.7. Desbaste de excedentes de material

Una vez completado el proceso de pintura, se desvincula de forma cuidadosa la pieza sujeta por intermedio del troquelado, retirando los testigos excedentes. Esto se llevará a cabo utilizando una simple tela esmeril de granulación gruesa adherida a un taco de madera plano.

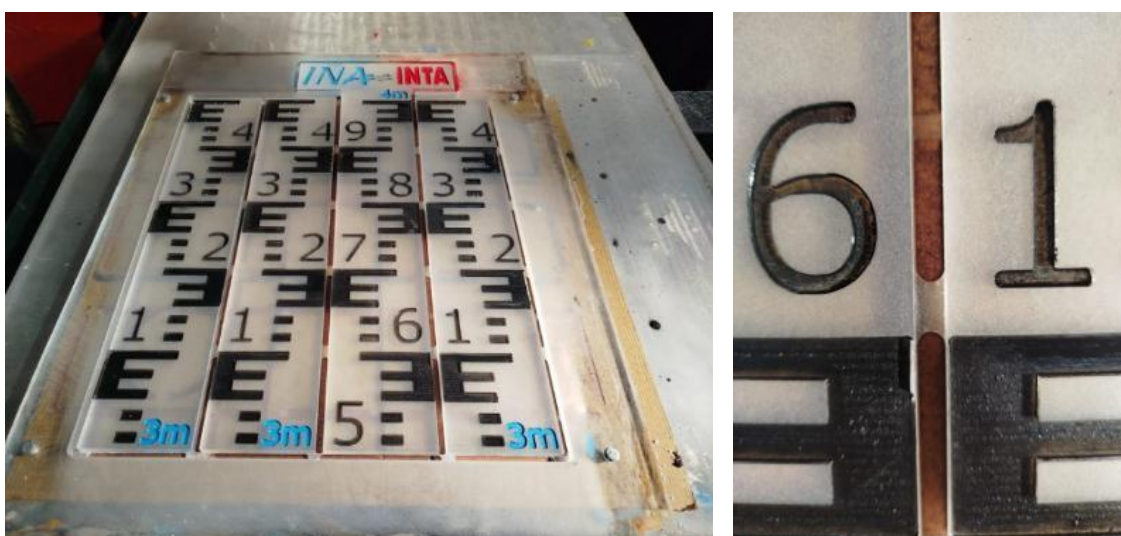


Figura 3.11. Mecanizado completo (izq.) y detalle de troqueles (der.)

#### 4. PRODUCTO TERMINADO

El producto terminado presenta tramos estándares de escala hidrométrica, con indicación de altura parcial e identificación institucional.

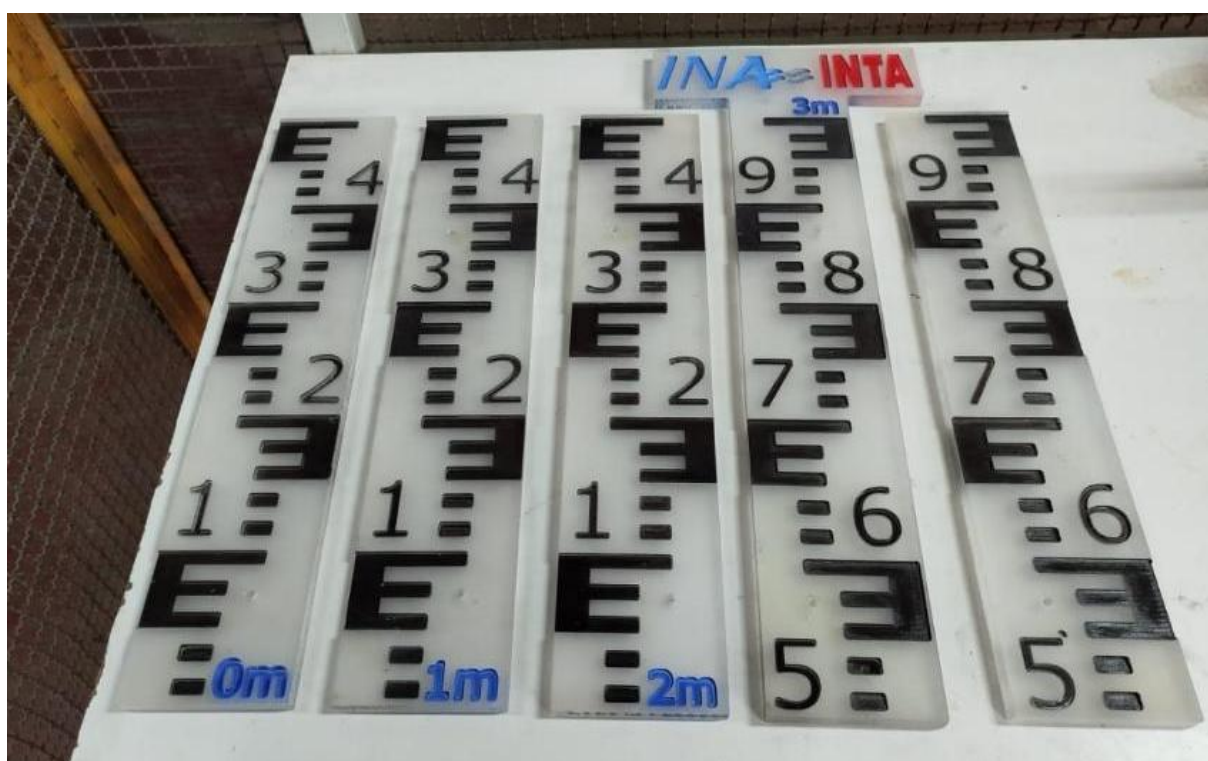


Figura 4.1. Producto terminado.

## 5. INSTALACIÓN Y USO

A modo ilustrativo, se presenta la colocación final de las escalas, las cuales se vinculan a un soporte, en este caso metálico y se instalan en sitios de mayor acceso por los habitantes del Delta del río Paraná, como en este caso el Centro de Salud del Arroyo Carapachay.



Figura 5.1. Instalación de las reglas hidrométricas