

**Infraestructura hidráulica de protección al territorio, lecciones aprendidas,
una década después de la gran crecida del 2006 - Proyecto Río Andalién**
MILO MILLÁN

Hola, yo fui invitado inicialmente para exponer sobre este tema, sobre la experiencia adquirida a raíz de la inundación de Concepción por el río Andalién en el año 2006 y qué hemos aprendido en estos últimos 10 años después de la gran crecida. Voy a hablar un poquito de qué pasó en esa crecida, del proyecto -que todavía no termina de construirse-, algunas consideraciones técnicas relevantes, y los nuevos conceptos que hemos estado aplicando en los últimos 10 años.

La inundación ocurrió en Concepción el año 2006, abarcó gran parte del área urbana de la zona Concepción, tanto como el río Andalién, estero Nonguén y Palomares desbordaron y generaron un problema mayor a nivel de ciudad. ¿Qué es lo que hemos hecho? Hemos generado un gran proyecto de intervención completa del sistema fluvial Andalién, o sea no sólo el río, sino que el río, los esteros que descargan en él y también los colectores de aguas lluvia que descargan. Todo este sistema había que mejorarlo.

Se construyó una obra en el estero Palomares, la obra en el estero Nonguén, todo el tramo del río Andalién se amplió en el sector de Collao, donde descargan estos esteros, y se ejecutó la parte final del río, a la salida de la zona urbana. En este momento estamos adjudicando el contrato de obra del tramo que nos queda pendiente, que es un tramo que está más o menos en el centro de la ciudad de Concepción. Va a quedar pendiente intervenir algunas riberas donde hay algunos sectores de viviendas irregulares, que todavía no se han podido sacar, por lo tanto va a quedar un pequeño tramo pendiente en la ribera, pero en general, con el contrato que estamos adjudicando ahora, el río va a tener una capacidad bastante amplia, muy cercana a los 100 años del período retorno, que nuestro objetivo técnico.

Finalmente, aguas arriba de la ciudad también está pensada una obra de retención de sedimentos que básicamente su idea es evitar que se nos embanque el río en su paso por la zona urbana, si estamos muy cerca de la descarga al mar el tema de la sedimentación, es muy relevante: controlar la sedimentación es relevante para asegurar un adecuado funcionamiento hidráulico del cauce.

Un proyecto de 34.000 millones de inversión, se han invertido a la fecha de 24,000 millones, y por lo tanto entre el tramo de río que vamos a construir de aquí al próximo año, más la obra sedimentadora, van a haber unos 10,000 millones de inversión para los próximos 2-3 años.

El tramo del sector Cosmito al puente Alonso de Rivera, que está en proceso de adjudicación, y hay un trozo de ribera entre el puente ferroviario y el puente Alonso de Rivera, donde hay que primero sacar unas viviendas irregulares para poder ejecutar la obra en la ribera, y por último la obra de retención de sedimentos, que sería la última etapa del proyecto.

En el río Andalién, hicimos básicamente un ensanche de la sección, estaba bastante estrecho en algunos tramos: vamos a llegar a 85 m de ancho y en otro donde hay más espacio, vamos a tratar de llegar a 200 m de ancho; que se profundice y se rectifique el cauce, los taludes se siembran para evitar su socavación, salvaguardar radier en el fondo el hecho, y también se regularon la descarga de aguas lluvia. El objetivo de esto es que todo el sistema funcione de mejor manera.

En el estero Nonguén también se hicieron obras, en los dos últimos kilómetros se canalizó el estero y aguas arriba más bien se amplió la sección pero sin revestirla. El estero Palomares también se canalizó, se revistió, incluso algún tramo que pasaba en la orilla de una calle finalmente se transformó en una sección subterránea, un cajón de hormigón, en calle Giácaman.

¿Qué logramos con esto? Básicamente, en color azul está la situación original del río y en color rojo el eje hidráulico modificado y se logra que en muchos puntos el eje hidráulico descienda entre 1 y 2 metros. Por ejemplo, en el sector de Collao, hay 2 metros de descenso del eje hidráulico porque se amplió la sección del cauce, se regulariza su pendiente de fondo. Esto no sólo tiene el efecto de evitar desbordes del río Andalién mismo, sino que además mejora la escala de los esteros Nonguén y Palomares que drenan hacia él.

Otra consideración técnica, del tema del control de sedimentos. La forma de evitar que el río se nos embanque y tengamos que hacer importantes conservaciones anuales en la zona urbana, es alguna estructura de retención de sedimentos, aguas arriba de la zona urbana. Diseñamos un muro transversal al cauce, con 300 m de ancho, de baja altura (5 m). Su objetivo no es controlar la crecida, sino controlar sedimentos, 2 millones de metros cúbicos de sedimentos sería la capacidad de retención, por lo tanto estimamos que nos alcanzaría para del orden de 17 años de vida útil antes de empezar a limpiar el retenedor. Pero también creemos que sería una muy buena fuente de abastecimiento de áridos para la misma ciudad, por lo tanto, probablemente nos saldrá a futuro gratis la mantención de esta obra, para concesionar incluso, hay que estudiar un poco cómo hacer el mantenimiento de la obra.

Ahí está el retenedor de sedimentos, lo modelamos en el DICTUC con don Bonifacio Fernández, así que se pudo revisar la estabilidad del muro en crecidas del río Andalién, se pintaron las piedras de distintos colores para identificar aquellas que se movían, y aquellas que no. Todo eso se modeló en un modelo físico a escala.

En el estero Nonguén, básicamente para asegurar una buena descarga, que pueda descargar y también contener su sedimento, se revistió con geoceldas; el río Andalién se amplió su capacidad en forma sustancial básicamente por aumento de su sección; y ahí tenemos un tramo del río, que describe una sección ampliada y mejorada, con sus riberas protegidas y también se rellenaron algunos sectores bajos inundables en sus riberas, aprovechando el mismo material que se había excavado del lecho.

Bueno, eso es el proyecto Andalién y cómo ha avanzado: espero que en unos años más ya tengamos por lo menos el río completamente con su capacidad de diseño, preparado para resistir una gran crecida, y quiero hablar un poquito, aprovechando de los nuevos conceptos que hemos aprendido estos 10 años. Hay temas técnicos, por ejemplo, lo que ya tocamos en Atacama: ¿qué pasa con el cambio climático? ¿Qué pasa cuando se eleva la línea de nieve? Hay mayores crecidas, más transporte de sedimentos en las cuencas. Hay una variabilidad de la línea de nieve que aumenta el aporte de sedimentos desde la precordillera.

Esos temas ya los tocamos de alguna forma en la presentación anterior, no quiero seguir refiriéndome a ellos, sólo mencionarles que a raíz de experiencia como ésta, lo que hemos aprendido del río Andalién, lo que hemos aprendido del río las Minas en Punta Arenas, lo que pasó en Atacama hace un tiempo, nos coordinamos con la dirección de vialidad para tratar de modificar el manual de carreteras del MOP, que es la norma técnica que rige este tipo de diseño, de puentes, de alcantarillas, de defensas fluviales para carreteras.

Estamos diseñando con agua destilada y esa no es nuestra realidad. El manual de carreteras no habla de sedimentos, de transporte de sedimentos, de modelos que sean capaces de reproducir el tema de del transporte de sedimentos, del embanque, etcétera. La sensibilidad de la línea de nieves tampoco se toca, en la hidrología clásica se supone una línea de nieve estática y con eso se calcula la cuenca pluvial y con eso se hace la hidrología. Hay temas que tenemos que modificar en nuestra propia norma técnica y ya estamos iniciando un trabajo con la dirección de vialidad para modificar el manual de carreteras del MOP.

Así que ahora me voy a referir otra parte, los proyectos multipropósitos. Cuando vamos a intervenir un cauce en una zona urbana, tenemos la oportunidad de generar otras externalidades positivas para la ciudadanía, no solo protegerla de las inundaciones. Por ejemplo, algo que hace mucha falta en nuestras ciudades, el tema de las áreas verdes, recreación, paisajismo: el cauce natural es una buena oportunidad para generar espacios en esa área. La restauración fluvial, es decir, el concepto de darle más capacidad al cauce, no restringirlo con muros de hormigón, con enrocados, sino que darle el espacio suficiente para que el cauce se expanda, regule la crecida de forma natural y los procesos sean más amigables con el medio ambiente.

Lo que quería contar un poco es cómo hemos avanzado en esa línea en los últimos 10 años. Algunos ejemplos son el parque fluvial del río Copiapó, el parque Kaukari, el parque inundable estero D'Agostini, en Punta Arenas, un parque fluvial que estamos proyectando en la quebrada de Macul, Mapocho pedaleable, que es poner ciclovías dentro del río, parque Renato Poblete, en el río Mapocho, parque inundable Víctor Jara (ex La Aguada), en el zanjón de la Aguada, en Santiago; parque Hondanada Río Viejo en Cerro Navia y Pudahuel.

Todas estas son intervenciones hidráulicas en grandes cauces naturales que cruzan el área urbana, donde los conceptos de restauración fluvial y de paisajismo se han incorporado.

En el parque inundable Víctor Jara se puede ver una sección trapezoidal, hidráulica, pero con un diseño paisajístico incorporado, pasto, áreas verdes, ciclovías, iluminación. En el mismo parque, una estructura de hormigón en el cruce de Avenida Santa Rosa se intervino con murales, de muralistas de la de la misma comuna, un trabajo paisajístico también en una estructura de hormigón. El parque inundable Estero D'Agostini llega a un estero que al entrar a la zona urbana estaba restringido por un tubo de reducida capacidad, en vez de ampliar el tubo, se optó por regular la crecía antes que entre a la zona urbana aprovechando el espacio existente: se generan lagunas de regulación, pero esas lagunas a su vez están adaptadas a la zona. Lagunas de baja profundidad pensadas y diseñadas para el invierno, que se congelen y sean utilizadas como canchas de patinaje por la comunidad, porque en invierno no hay problema, cae nieve: el problema es en verano. Ahí son las crecidas que afectan a este estero.

El parque fluvial Kaukari, en Copiapó, que lo trabajamos en conjunto con la Universidad Católica, se transformó en un parque con paisajismo en ribera, incluso paisajismo con enrocados y con especies para climas áridos dentro del lecho. Lamentablemente duró poco porque se inauguró una semana o meses antes del aluvión, por lo menos las piedras quedaron, la vegetación se fue. Pero es cosa de plantar de nuevo la vegetación y se está trabajando para ponerla. Parque fluvial en la Quebrada de Macul, donde tenemos hacer algunas intervenciones de protección de ribera, pero estamos aprovechando la oportunidad de trabajar con la fundación San Carlos de Maipo y con el MINVU para generar un gran parque fluvial en la zona de La Florida y Peñalolén, antes del canal San Carlos.

Por último, también otras cosa que estamos haciendo: esto que se ha hecho una ciclovía en el río Mapocho y que en años anteriores ha sido nivel artesanal aprovechando que había un murete de desvío de agua en el río, se generó una zona donde se han implementado ciclovías con una rampa provisoria de acceso, todo eso se está trabajando para hacerlo ya un proyecto definitivo hidráulico. Las rampas van a estar afuera del cauce, siguiendo los lineamientos, para que no obstruyan el paso del agua, no le resten capacidad hidráulica al río Mapocho y también aquí se va a hacer una ciclovía más estructurada, con las medidas de seguridad y alerta temprana que se requieren para evitar riesgos sobre la población.

Preguntas

Quiero recoger una frase que usted dijo un tiempo atrás que el trabajo está compartimentado en la DOH. Por un lado, la División de Drenajes y Cauces Urbanos busca cómo sacar el agua de la ciudad cuando llueve, y por otra parte la Dirección de Riego busca cómo construir obras para acumular aguas, ¿entre las alternativas se han explorado algunas soluciones, quizás en zonas donde la sequía golpea, cuando llueve mucho, evacuar el agua, pero después retenerla y no dejar que se

vaya al océano? Quizás, agregar algún tipo de obras de retención además de sacar el agua de la ciudad, poder retenerlas en la ciudad. Esa era mi pregunta, si existe algún avance en esa materia.

Sí, hay algunas experiencias que estamos desarrollando, por ejemplo, las piscinas de infiltración de recarga de acuífero, donde ahí se aprovecha las crecidas, se retienen y se infiltran. Se han hecho en La Ligua, Petorca y en Aconcagua, esa es una experiencia bastante interesante en el fondo, aprovechar el exceso de agua para recargar el acuífero y acumularlo para cuando se necesite. Al nivel de aguas lluvias no hemos logrado todavía incorporar esos conceptos, porque la verdad es que hay que hacer un trabajo integral. Nuestra competencia con temas de aguas lluvias es muy localizada, en cuando a redes de aguas lluvias primarias, más arriba de eso están las redes secundarias que las administra otra institución que es el SERVIU, y ya para regular al nivel de vivienda o de espacio público tendríamos que hablar con las municipalidades, entonces esa coordinación es mucho más difícil, dado que la institucionalidad en Chile está muy separada en sus competencias. No hay cómo integrar fácilmente ese tipo de acciones.

(Habla luego Rodrigo Mansilla, DOH, para apoyar)

Nosotros hemos estado trabajando con la Universidad de Talca, y ellos están presentando un proyecto a la Municipalidad de Providencia. La idea es efectivamente capturar el agua lluvia en la época de invierno y almacenarla para hacer riego de jardines o áreas verdes en el verano. Hay algunos problemas logísticos de calidad del agua, pero esa es la idea. Y como decía Milo, es complejo resolver el tema, porque entran muchas instituciones acá, y como la ley en Chile es... uno tiene que cumplir la ley y no se puede salir de ella: nosotros podemos hacer casas por ejemplo, porque para eso está el MINVU. Hay ciertos límites legales que uno tiene que cumplir y uno tiene que estar bien al cuidado. De todas maneras, te comento que estamos por implementar algo piloto aquí en Providencia.

Una consulta más académica, ¿habría posibilidad de visitar con los alumnos esos modelos físicos que tienen en la dirección de obras hidráulicas, los modelos físicos que mostraron a escala?

Lamentablemente el modelo que mostré del río Andalién, ya se hizo el año pasado, pero estamos trabajando en otros modelos de otros proyectos con el INH, eso se podría coordinar visitas, no hay ningún problema, coordinando con el Instituto en Peñaflor se pueden visitar los modelos. Estamos desarrollando algunos proyectos de estructuras de encauce de aguas lluvias y también estamos pensando en los próximos meses de desarrollar un modelo bastante interesante, porque va a ser de flujo aluvional en la Quebrada de Macul: la estructura que recibe el aluvión para que entre a la poza de regulación la tenemos que queremos probar en un modelo físico escala. No se ha hecho hasta en este momento en el país, entiendo yo, un modelo físico que no sea de agua, sino que sea de un flujo aluvional, por lo tanto estamos dándole vuelta al alcance técnico y seguimos en eso.

Si me permiten decir lo último, que se me olvidó. Siempre me gusta dejar desafíos a la academia. De los proyectos principales que les mostré, hay un gran desafío no sólo para lo hidráulico, estos proyectos tienen que ser cada vez más integrales, nos ha exigido un esfuerzo enorme entendernos con paisajistas, con arquitectos, con urbanistas, para el desarrollo de todos estos proyectos hidráulicos en zonas urbanas; y yo creo que ahí hay desafíos de cómo generar esta competencia cruzada y un trabajo coordinado.

Lo que fue el parque Kaukari en el río Copiapó fue un ejemplo muy interesante, porque la propuesta inicial la tuvimos que modificar mucho para adaptarla a los requerimientos hidráulicos. La parte arquitectónica fue adaptada a los requerimientos hidráulicos: incluso dónde poner las piedras, cómo ponerlas, hubo una discusión muy intensa. Y al final se logró un proyecto bastante "redondito", que recogía los intereses del arquitecto y los ingenieros hidráulicos, y eso no siempre fácil. Yo creo que fue un éxito importante que hay que seguir trabajando.

Hola, quería hacerle una pregunta a Don Milo, con respecto al parque inundable de Copiapó (Kaukari) ¿Se hizo alguna modificación cuando se reconstruyó el parque, con respecto al diseño, después del aluvión?

Sí, o sea, desde el punto de vista hidráulico, ese fue el único punto del río que no desbordó, porque desde el concepto hidráulico que aplicamos, dejamos un espacio mayor al cauce. En el fondo era justo el tramo del río en donde había más capacidad hidráulica: desbordó en otros puntos, no en ese entonces. No hubo necesidad de adaptarlo mucho, pero sí hicimos un rediseño hidráulico de un tramo que está ahora en construcción, que es inmediatamente aguas arriba. Como hicimos con estudios de caracterización del evento, teníamos el caudal que había pasado y lo que se hizo fue *checkear* la capacidad hidráulica del tramo que se iba a construir, quedaba un poco pequeña, por lo tanto se complementó peraltando, medio metro cada rivera y con eso ya tendría la capacidad del proyecto, en este tramo dos que se está construyendo, para contener una crecida como la que ocurrió en Marzo del 2015. Se revisó el diseño, en el fondo.