Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo
UEN de Gestión Ambiental

Informe Técnico:

Revisión de las condiciones de riesgo de crecientes en el Terreno de PTAR Golfito

Julio, 2020

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo

AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS, ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI

Yo, Eric Alonso Bogantes Cabezas

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr **N° Teléfono**: 2242-5090

Firma: Firmado digitalmente por ERIC ALONSO BOGANTES CABEZAS (FIRMA)
Fecha: 2021.06.16 17:21:24 -06'00'

Contenido

Introducción 3
Alcance 3
El método racional 4
Área de análisis 6
Modelación hidráulica 8
Mapas de amenazas CNE 9
Conclusiones y recomendaciones 10
Bibliografía 11

Introducción

En el cantón de Golfito, en la ciudad de Puntarenas, se construirá un sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad. El proyecto cubrirá a una población proyectada al año 2046 de 7360 habitantes, quienes producirán un caudal promedio diario de aguas residuales de 30.22 l/s y un caudal máximo horario de aguas residuales de 60.44 l/s.

El proyecto contempla las redes de recolección, las estaciones de bombeo y sus líneas de impulsión, así como el sistema de tratamiento para la Ciudad de Golfito. Esta red comprende un total de 28.35 km de tuberías de diámetros entre 145 mm y 169 mm y 543 pozos de registros. La red de alcantarillado cubre los sectores de San Martín, Invu, Cementerio, Pueblo Civil, Kilómetro 1, Kilómetro 5, Barrio la Rotonda Oeste, Bellavista, Ureña, entre otros. Todo el caudal recolectado en esta red será tratado en una planta de tratamiento, la cual se ubica aproximadamente a 100 metros de distancia de una quebrada que desemboca en el océano Pacífico.

Este informe presenta el análisis hidrológico realizado de la quebrada (sin nombre) cercana al terreno de la planta, para la cual se analizan las condiciones de desbordamiento en eventos de creciente y el consecuente riesgo que podría representar para la planta de tratamiento. Se utiliza para ello el método racional, dado que a partir de las dimensiones de la cuenca se han tomado los supuestos del método como válidos para la cuenca. El análisis realizado es un modelo simplista con información existente, dado que el objetivo del estudio es orientar la necesidad de estudios futuros para el terreno de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Alcance

Este estudio se realiza con el objetivo de valorar la necesidad de realizar estudio más detallados del riesgo de inundación en el terreno de la PTAR de Golfito, por lo cual es una modelación simplista orientada a brindar una recomendación acerca de la necesidad de contratar estudios más detallados con información más detallada (i.e. levantamiento topográfico). El estudio no busca ser una modelación detallada de velocidades ni niveles de creciente, sino más bien un acercamiento al comportamiento de la quebrada sin nombre en eventos de creciente.

El método racional

La metodología aplicada para determinar los caudales extremos de la microcuenca estudiada es el método racional (Mulvaney, 1851), considerando que los supuestos del método son válidos para cuencas pequeñas. Se considera entonces que el flujo de los cauces es uniforme y que la línea de energía es igual a la línea del cauce principal.

Para determinar los caudales extremos se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = 0.28 \times C \times I_{max} \times A \qquad (1)$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo en m^3/s

C = coeficiente de escorrentía, adimensional (0-1)

I_{max}= intensidad máxima en mm/h

A= área de drenaje de la cuenca en km^2

El coeficiente de escorrentía se determina para eventos 50 años de periodo de retorno, bajo el supuesto de que el evento de precipitación de T años de periodo de retorno produce el evento de creciente de T años de periodo de retorno, lo cual no necesariamente es cierto, pero se ha asumido así para esta modelación y es considerado como una limitante de esta asociada a la escaza información existente.

La estimación del coeficiente de escorrentía se realiza para los distintos usos del suelo según la figura 1 (Chow, et al., 1994), y se pondera el total para la cuenca con base en las áreas de los distintos usos del suelo con respecto al área total de la cuenca. Así, el coeficiente de escorrentía ponderado está dado por

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i \times A_i}{A} \qquad (1)$$

Donde:

C_i= coeficiente de escorrentía para una subárea, adimensional (0-1)

A_i= subárea en km^2

A = área total en km^2

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años) 2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Figura 1. Coeficientes de escorrentía utilizados en el método racional
Fuente: Chow, et al. (1994)

Se muestra en la figura 1 como ejemplo de selección, el coeficiente de escorrentía en áreas de cultivos con pendiente entre 0 y 2%; y para bosques con pendientes entre 2 y 7%. Ambos casos para un evento de 25 años de periodo de retorno.

En la utilización del método racional se estima el tiempo al pico de la creciente igual al tiempo de concentración (i.e. el tiempo que tarda en llegar una gota de agua desde el punto más lejano a la salida de la cuenca), por lo que se ha estimado el tiempo de concentración de la cuenca a partir de las ecuaciones de Kirpich y Federal Aviation Administration (FAA), las cuales se muestran en las ecuaciones (3) y (4), respectivamente. Conservadoramente, se selecciona el menor de estos tiempos.

$$t_c = 0.0195 \times \left(\frac{l^2}{s}\right)^{0.385} \qquad (3)$$

$$t_c=0.7\times(1.1-C)\frac{l^{0.5}}{s^{0.333}} \quad (4)$$

Donde:

t_c =Tiempo de concentración (min).

l = Longitud hidráulica del cauce principal (m).

s = pendiente promedio del cauce principal (m/m).

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

Finalmente, la intensidad de precipitación se extrae de la curva de Intensidad-duración-frecuencia de precipitación de la región de estudio. En este caso, se utiliza la curva de la estación de Instituto Meteorológico Nacional de Coto 47. Se utilizó esta curva dado que la curva de Golfito genera sobre estimaciones de la intensidad de precipitación. La curva de está dada por la ecuación:

$$I=\frac{262.6\times T^{0.126}}{D^{0.284}} \quad (5)$$

Donde:

T = periodo de retorno (en años).

D = Duración del evento de precipitación (minutos)

Para efectos de análisis mediante el método racional se supone que el tiempo de concentración es igual a la duración de la precipitación (D).

Área de análisis

La figura 2 muestra la cuenca de la quebrada sin nombre analizada. Adicionalmente, se muestra la ubicación de la propiedad en la cual se ubicará el terreno de la PTAR. La cuenca se ha delimitado hasta el punto a partir del cual la quebrada se encuentra canalizada y en el cual su sección se vuelve constante hasta su desembocadura en el mar. Finalmente, se muestra el uso del suelo en

la cuenca, el cual se ha determinado a partir de la fotografía área satelital comercial disponible. Se han definido dos usos de suelo: áreas urbanizadas y bosques.

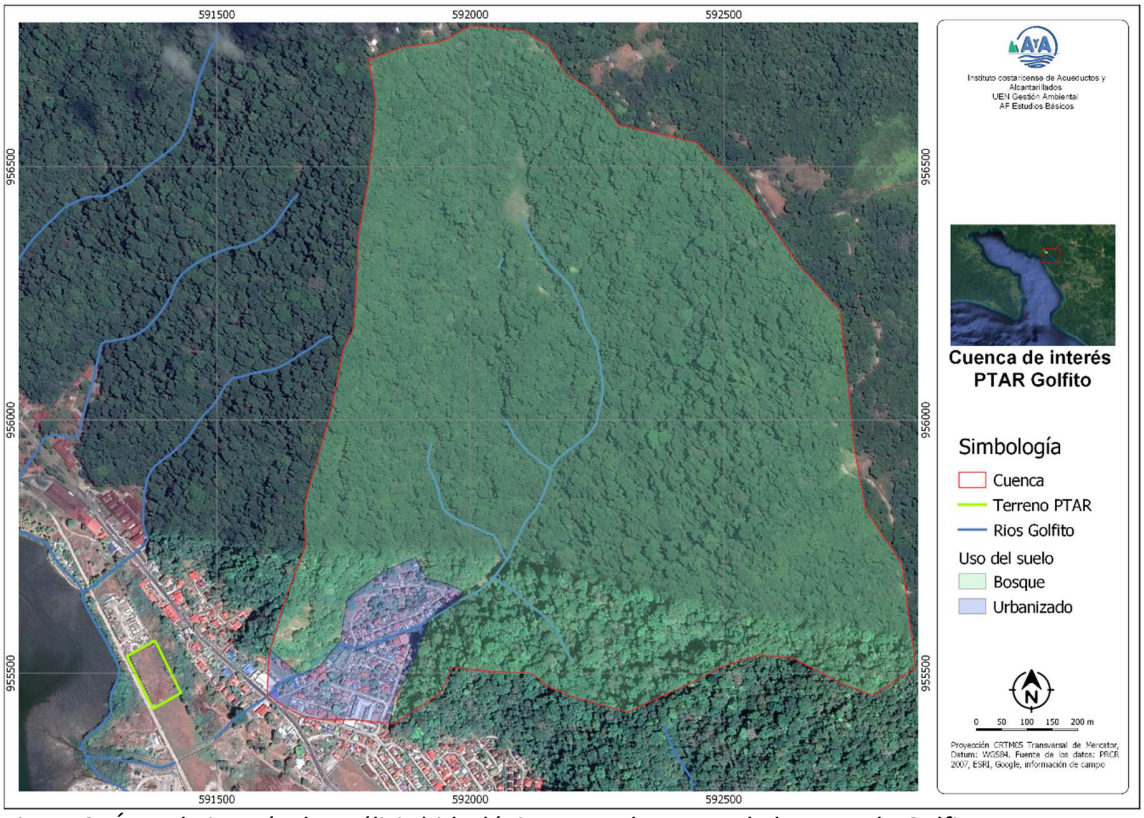

Figura 2. Área de interés de análisis hidrológico para el terreno de la PTAR de Golfito.

La tabla 1 muestra el porcentaje de área de la cuenca según su uso y pendiente, con base en la clasificación presentada por Chow (1994) para la aplicación del método racional.

Tabla 1. Uso del suelo y coeficientes de escorrentía en la cuenca de la quebrada sin nombre

Uso	Área (Ha)	% área total	C (T = 50 años)
Bosque, pendiente 2-7%	0.29388043	0.25%	0.43
Bosque, pendiente > 7%	112.892067	94.71%	0.48
Urbano, pendiente 2-7%	0.50379502	0.42%	0.92
Urbano, pendiente > 7%	5.51025799	4.62%	0.92

A partir de la tabla 1 se tiene un coeficiente de escorrentía ponderado de 0.5. De las ecuaciones 3 y 4 se tiene un tiempo de concentración de 10.71 minutos. De esta forma, de la ecuación 5 se obtiene una intensidad de precipitación de 220 mm/hr. Finalmente, de la ecuación 1, para el área de la cuenca de 1.2 km^2, se tiene un caudal pico de 35 m^3/s.

Modelación hidráulica

El terreno utilizado para la modelación hidráulica es el resultado de una combinación de los hitos (puntos de elevación cada 10 metros) de la hoja cartográfica Golfito del Proyecto de Regularización Catastro y Registro (PRCR) y de la topografía generada por Hidrogeotecnia para el diseño del proyecto. Es importante resaltar que ni los hitos ni la topografía generada por Hidrogeotecnia tienen como objetivo ser una representación precisa del terreno (y especialmente del cauce) a modelar, por lo que la superficie utilizada representa únicamente una aproximación del alcance el evento de creciente, cuyo propósito es evaluar el riesgo de inundación del terreno en eventos de creciente. No obstante, los resultados mostrados se analizan considerando que el terreno utilizado no es preciso.

Se modeló un único evento de precipitación con un periodo de retorno de 50 años. La figura 3 muestra los niveles máximos modelados.

Figura 3. Niveles de inundación de modelación hidráulica de la quebrada sin nombre.

De la figura 3 se observa que la capacidad hidráulica del canal que conduce la quebrada sin nombre hasta el Golfo es excedida por el evento modelado. La rugosidad del cauce y del terreno se han supuesto a partir de las recomendaciones de Chow (1994). Adicionalmente, la sección del cauce se ha supuesto constante a partir de la sección del levantamiento topográfico en el paso de la ruta Nacional 14 sobre la quebrada sin nombre. De la figura se observa que el nivel alcanzado por la inundación se encuentra entre 0.2 y 0.4 m. Adicionalmente se observa que esta no alcanza el terreno definido para la PTAR. Se reitera que la modelación definida representa una aproximación de baja precisión de las condiciones del terreno y como tal su objetivo es únicamente evaluar la posibilidad del terreno de la PTAR de ser alcanzado por el desbordamiento de la quebrada y no una estimación de más precisión de los niveles del desbordamiento.

Mapas de amenazas CNE

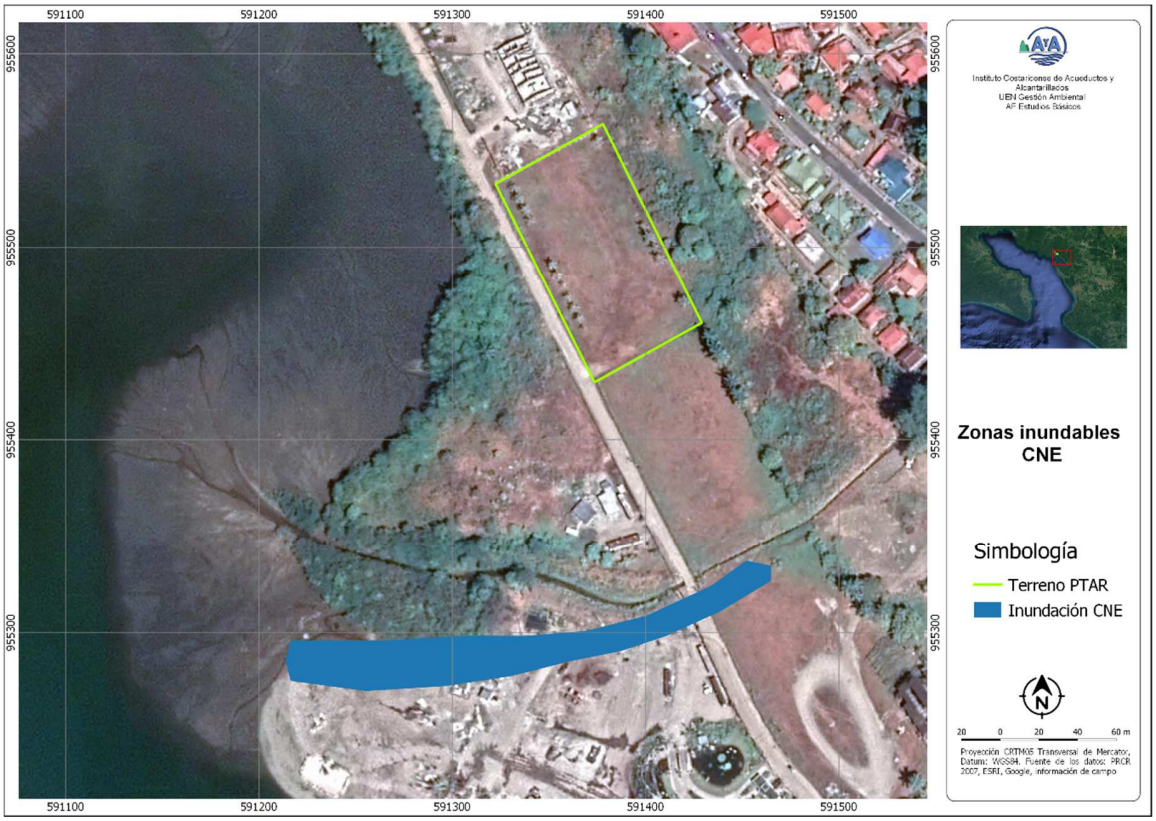

Figura 4. Mapa de amenazas de CNE en las quebradas cercanas al terreno de la PTAR.

La figura 4 muestra las zonas de posible inundación en el mapa de amenazas de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE). Se observa que la quebrada analizada presenta una zona potencialmente inundable en la desembocadura en la costa. De la figura se observa que esta no alcanza del terreno de la PTAR. La posible inundación mostrada parece responder a la descarga en el “estero” del caudal de los picos de creciente.

Conclusiones y recomendaciones

A partir del análisis realizado se tiene que para el terreno de la PTAR existe poco riesgo de afectación hidrológica por eventos de creciente de la quebrada sin nombre (cercana al terreno de la PTAR). No obstante, tanto la simplista modelación realizada como el mapa de inundación de la CNE muestran que es un evento probable que esta quebrada se desborde, lo cual podría tener afectación indirecta en la operación de la planta (e.g. problemas en los caminos de acceso).

Bibliografía

- Chow, V.T, 1994. Hidráulica de canales abiertos. Editorial McGraw Hill Interamericana. Santa Fé de Bogotá, Colombia
- Chow, V.T; Maidment, D. Mays, L, 1994. Hidrología Aplicada. Editorial McGraw Hill Interamericana. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Mulvaney, 1851 Mulvaney, T.J., 1851. On the use of self-registering rain and flood gauges in making observation of the relation of rainfall and floods discharges in a given catchment. P. Civil Eng. Ireland., 4,18-31.
- Proyecto Regularización Catastro y Registro (PRCR) Cartografía 1:50 000, Instituto Geográfico Nacional (IGN), San José, Costa Rica.
- Vahrson, W; Alfaro, M; Arauz, I, 1992. Intensidades máximas de las tormentas sobre los centros urbanos más importantes de Costa Rica. En: Memoria del IV. Congreso de recursos hidráulicos y saneamiento ambiental: 245-256. Costa Rica.