

# Análisis hidrológico en vías de áreas protegidas: diagnóstico del acceso a la Reserva Ecológica Manglares Churute Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador

Orellana Gutiérrez Edgar Daniel  
*Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil – Ecuador*  
[ingedanielito@hotmail.com](mailto:ingedanielito@hotmail.com)

**Resumen**— Este estudio plantea el análisis hidrológico superficial del caso de la vía de acceso a la Reserva Ecológica Manglares Churute, en un tramo del río del mismo nombre que cruza la vía y que consiste en el principal cuerpo de agua del sector. Esta área protegida es la que ha presentado datos de máxima precipitación en la región costa (INAMHI, 2001), su vía de acceso fue diseñada por el MTOP siguiendo sus normas en el año 2013. Se propone una comparación entre los periodos de retorno con los cuales fue diseñada esta vía frente a la máxima precipitación extraordinaria que se tiene registro, corroborando este diseño con los datos de lluvia de este evento y contrastando de esa manera su diseño hidráulico con la ayuda del software Hec Ras identificando un posible sobre dimensionamiento debido a que para los análisis de periodos de retorno sobrepasan la periodicidad con la que se presentan los fenómenos de máxima precipitación.

**Palabras Claves** — Fenómeno de El Niño, Precipitación, Período de Retorno, Reserva Ecológica, NAME.

**Abstract**— This study proposes the superficial hydrological analysis of the case of the access road to the Churute Mangroves Ecological Reserve, on a stretch of the river of the same name that crosses the road and consists of the main body of water in the sector. This protected area is the one that has presented data of maximum precipitation in the coastal region (INAMHI, 2001), its access road was designed by the MTOP following its standards in 2013. A comparison is proposed between the return periods with which this route was designed against the maximum extraordinary precipitation that is recorded, corroborating this design with the rain data of this event and thus contrasting its design hydraulics with the help of hec Ras software identifying a possible oversizing because for the

analysis of return periods they exceed the periodicity with which the phenomena of maximum precipitation are presented.

**Index Terms**— El Niño Phenomenon, Precipitation, Return Period, Ecological Reserve, NAME.

## I. INTRODUCCION

Los elementos hidráulicos diseñados para el drenaje en carreteras frecuentemente corresponden a métodos que no toman en cuenta la respuesta hidrológica de una cuenca en particular. Esto puede producir un dimensionamiento insuficiente a los requerimientos verdaderos del proyecto y a los cambios climáticos (Kalantari, Briel, Lyon, Olofsson, & Folkesson, 2014).

Por sus características, esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que en el Ecuador no existen metodologías para el diseño de las vías en áreas protegidas de acuerdo a sus características propias. Las normas vigentes en su mayoría procuran la mitigación del impacto ambiental durante su construcción, dando directrices para que los métodos constructivos afecten lo menos posible al entorno natural existente. Poco se menciona acerca de los componentes del diseño geométrico que sirva para preservar el medio ambiente en las áreas protegidas, los parámetros empleados para las vías dentro de estas áreas son las mismas que indican las normas vigentes para el universo total de las vías dentro del territorio ecuatoriano.

El drenaje superficial de las aguas lluvias en las vías de acceso construidas en los sectores ecológicamente vulnerables es uno de los factores predominantes que contribuyen al deterioro de las cuencas hidrográficas en el mundo. (Trenouth, Gharabaghi, & Farghaly, 2017). Según datos del INHAMI, solo en enero del 2020 la máxima

precipitación en el Ecuador ocurrió en Santo Domingo en la región costa, con 142.6 mm. (INHAMI, 2020), aunque este año no es el que ostenta el récord de mayor magnitud de precipitaciones. El record de mayor intensidad lo ostenta el año 1998, durante el fenómeno del niño que se manifestó desde el año 1997. Sin embargo no siempre las máximas intensidades se presentan durante estos fenómenos, esto es debido a que los fenómenos de El Niño pasados no se caracterizan por lluvias de gran magnitud, sino que se presentan por un aumento en la temperatura del mar lo que en algunas ocasiones provoca gran cantidad de masa de nubes y en algunas ocasiones lluvias constantes, como en el período 1982-1983 en el que prácticamente no se presentara temporada de estiaje, sino que ese invierno se prolongara hasta el año siguiente; o incluso, ha llegado el extremo que no se presenten lluvias extraordinarias en su magnitud, tal como ocurrió en el último periodo de 2014-2016 en el que se presentó un aumento excesivo en la temperatura del mar (NOAA, 2020) pero no hubo la presencia anormal de lluvias.

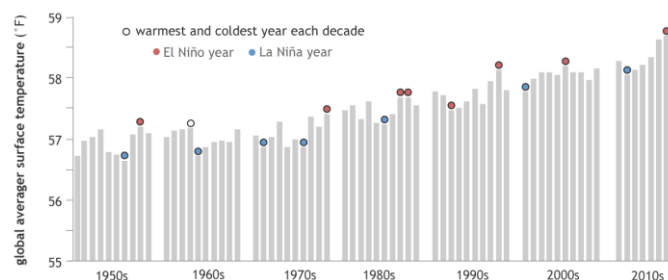
Por este motivo, las obras diseñadas y construidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP establecen por lo general que el parámetro de intensidad necesario para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje que se debe usar para el diseño de las vías en el Ecuador corresponde a la precipitación máxima en 24 horas (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2013), estableciendo además diferentes períodos de retorno en el cual se incluyen todos los datos disponibles, incluyendo también las temporadas de precipitación mínimas.

Sin embargo, por su naturaleza, el TPDA dentro de las áreas protegidas es escaso debido a las restricciones de tráfico vehicular y peatonal, por lo que muchas instituciones públicas como el MTOP y los Gobiernos Autónomos de cada provincia a veces optan por diseñar y construir estas vías con una capa asfáltica mínima y estructuras de drenajes invariables para todos los órdenes viales de la clasificación. Esto se suma al hecho de que las máximas intensidades se han presentado en períodos de tiempo mucho más cortos que los periodos de retorno estimados, lo cual supone un sobredimensionamiento de las estructuras de drenaje lo que genera un mayor impacto cuando estas vías se construyen dentro de las áreas protegidas. Debido al

impacto humano sobre el medio ambiente, la naturaleza, la frecuencia y la magnitud de las lluvias han variado (Sarhadi & Soulis, 2017). Esto último se puede observar en la *Figura 1*, los datos de la NOAA indican que la temperatura promedio en la superficie del planeta ocurren durante los fenómenos de El Niño y La Niña, llegando a incluso a repetirse en las últimas décadas.

El Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE) consta de tres etapas, en este análisis solo se indagará lo que corresponde a la primera etapa que se denominada: Acciones inmediatas o en desarrollo (ver *Figura 1*), donde no se requiere recursos o ya están considerados en los presupuestos, algunos de estos proyectos también cuentan con el financiamiento de las empresas privadas, tiene un impacto moderado a mediano y está determinado desde el 2017 al 2020, de manera paralela a esto se debe ejecutar la etapa II que son acciones a corto plazo (2020-2030) y la etapa III de acciones de mediano plazo (2030-2035), para poder cumplir las metas establecida.

Yearly surface temperatures each decade since 1950s



*Figura 1.* Temperaturas de superficie anuales en cada década desde 1950 (NOAA, 2016)<sup>6</sup>.

## II. METODOLOGÍA

En el Ecuador las estructuras viales se las diseña considerando un periodo de retorno de entre 25 a 50 años para las obras de arte menor y 50 a 100 años para las obras de arte mayor, utilizando en ambos casos los datos de lluvia anuales máximas de 24 horas (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2013). La Reserva Ecológica Manglares Churute fue creada en el año 1979 con una extensión de 49389 ha., constituye en la primera área protegida de manglar de la costa continental ecuatoriana (Sistema Nacional de Áreas Protegidas, s.f.). En el caso del

diseño de la vía de acceso a la reserva, se empleó un período de retorno de 10 años para las cunetas de la calzada de la vía; entre 50 años para las alcantarillas y en el caso del puente sobre el río Churute se utilizó 100 años con una revisión del galibo para un periodo de 200 años. Para el cálculo de la intensidad se empleó los datos disponibles hasta entonces de la estación Guayaquil Aeropuerto, aplicando una distribución mediante el método de Gumbel. Para el cálculo de caudal se empleó el método racional para cuencas menores de 500 has, y para superficies mayores se empleó el método de Hidrograma Sintético SCS.

Estos métodos y parámetros de diseño son los comunes para el universo de las vías dentro del territorio ecuatoriano. Para poder hacer un contraste entre este método tradicional y los datos reales de la máxima lluvia extraordinaria, es necesario tomar la cuenta los mismos parámetros de diseño, incluidos los de lluvia. La estación meteorológica empleada para este diseño es la que más registros posee, con datos que van desde 1960 hasta el 2010 al momento de la realización del estudio. Sin embargo, con una distancia aproximada de 40 kilómetros, no es la estación más cercana al lugar del proyecto. Las más cercanas son las estaciones M1123 Hacienda Taura y M0477 Puerto Inca a 8.89 km y 15.47 km respectivamente, pero con registros incompletos por lo que además también se tomaron los datos de la estación Guayaquil Aeropuerto para el respectivo análisis. Estos datos indican que la precipitación máxima en 24 horas ocurrió en el mes de abril del año 1998 con una magnitud de 221.8 mm. Con esta magnitud se realizó el cálculo del río Churute y se modeló mediante el software Hec Ras, calibrándolo con los mismos datos del diseño; esto es un coeficiente de Manning de 0.03 para las riberas del río, 0.045 para la sección mojada del mismo y una pendiente de 0.0032. Es probable que los eventos extremos de lluvia se asocien con inundaciones y daños, señalando que el riesgo de inundación se debe en gran medida a la lluvia en lugar de a otros factores, como la humedad del suelo, que son importantes en otras áreas. Los problemas con la calidad de los datos y los cambios en la ubicación de observación dificultan en algunos casos determinar la precisión de los totales de lluvia absoluta registrados (Ashcroft, Karoly, & Dowdy, 2019). Sin

embargo, para efectos de estudio se utilizaron los mismos datos con el que se realizó el diseño de la vía.

El cálculo de la intensidad de la vía se la realizó mediante la elaboración de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia IDF con un periodo de diseño de 50 y 100 años, para cálculo del tiempo de concentración  $t_c$ , el cual es el tiempo que demora una gota de lluvia desde su punto más lejano en llegar al sitio de cierre de la cuenca que en este caso es la ubicación del puente, se utilizó la expresión California (California Highways and Public Works, 1942)<sup>9</sup>

$$Tc = 0.9545 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:  $T_c$ : tiempo de concentración (horas); L: longitud del cauce principal (kilómetros); H: desnivel medio de la cuenca.

Si bien es cierto que la vía se encuentra dentro de un área protegida, gran parte de la cuenca analizada se ubica fuera de esta y por lo tanto expuesta a los factores antrópicos. Se ha comprobado que el cambio de uso del suelo produce un cambio en la reacción hidrológica y la cantidad de escorrentía superficial que se drena a través de una cuenca hacia una carretera (Kalantari, y otros, 2014), por lo que para calcular el flujo máximo descargado de esta cuenca, se utilizó también el método del S. C. S. (Soil Conservation Service, 1972). Este método se desarrolló originalmente para usarse en pequeñas cuencas agrícolas en los EE. UU, el método SCS está aprobado para ser utilizado en la protección de caminos rurales de acuerdo con las normas de diseño del MTOP (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 2013). La escorrentía en regiones rurales ocurre solo cuando la intensidad de la tormenta excede la capacidad de infiltración del suelo. El método de escorrentía SCS hace uso del número de la curva (CN) para abstraer el hietograma de lluvia total en un hietograma de lluvia efectiva y poder modelar un hidrograma para una salida de captación dada, tomando en consideración las características del hidrograma (tiempo de retraso, flujo máximo, tiempo base, etc.) y a los parámetros de captación (superficie, longitud, pendiente, tipo de suelo, cobertura del suelo, etc.) (Ezz, 2018). El exceso de lluvia,  $Q$ , es una función de la precipitación acumulativa excluyendo

las pérdidas iniciales,  $I_a$ , y un valor de retención potencial máximo,  $S$ , como se muestra en la ecuación.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

donde  $Q$ ,  $P$ ,  $I_a$  y  $S$  están todos en mm. El término de pérdidas iniciales,  $I_a$ , está considerando la infiltración, el tipo de suelo, la cubierta terrestre, la evaporación-transpiración, la intercepción y el almacenamiento de la depresión superficial. Las pérdidas iniciales se definen comúnmente como el 20% del valor de retención potencial máximo,  $S$ , en cuencas áridas. El valor de retención potencial máximo,  $S$ , es una función en CN como se muestra en la ecuación.

$$S = 254 \left( \frac{100 - CN}{CN} \right)$$

donde el CN es un coeficiente hidrológico de cobertura de suelo rocoso que representa el potencial de escorrentía en cada cuenca. El CN es una función de la condición de humedad antecedente (CHA), el uso de la tierra y el tipo de suelo, en este caso el CN se estima en 78 según los grupos hidrológicos de suelo predefinidos en el diseño. De acuerdo con el hidrograma triangular, la descarga máxima de escorrentía,  $Q_p$ , puede calcularse mediante la ecuación.

$$Q_p = \frac{0.208QA}{0.5D + 0.6T_c}$$

donde:  $Q_p$ : pico de descarga escorrentía ( $m^3/s$ );  $A$ : área de captación ( $km^2$ );  $D$ : el exceso de duración de la lluvia (h) y es igual a  $0.5L_a$ ;  $L_a$ : tiempo de retraso (h) y es igual a  $0.6T_c$ ;  $T_c$ : tiempo de concentración (hr).

Para la estimación del caudal de diseño se utilizó un hidrograma unitario sintético por el método de SUCS (Soil Conservation Service, 1972), el cual expresa la relación del caudal  $q$  con respecto al caudal pico  $q_p$  y del tiempo  $t$  con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el Hidrograma Unitario,  $T_p$ . Los valores de  $q_p$  y  $T_p$  pueden estimarse usando un modelo simplificado de un Hidrograma Triangular, donde el tiempo está dado en horas y el caudal en ( $m^3/s$ ) por altura de lámina de precipitación.

El Soil Conservation Service sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse como  $1.67 T_p$ .

Adicionalmente, un estudio de los Hidrogramas Unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retardo:  $p_{tc} \approx 0,6 \times t$ , donde el  $T_c$ . El tiempo de ocurrencia del pico  $T_p$  puede expresarse en términos del tiempo de retardo  $t_p$  y de la duración de la lluvia efectiva  $T_r$ .

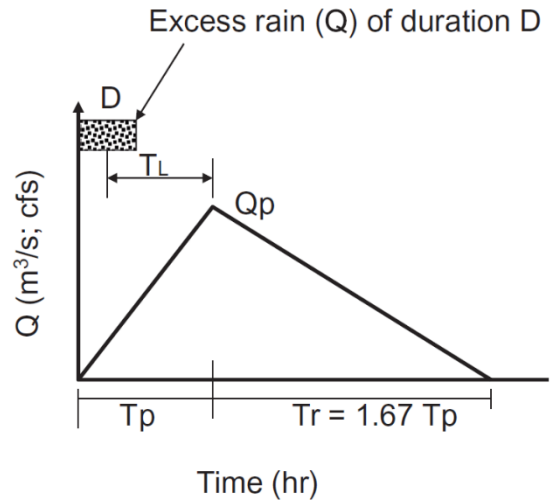


Figura 2. hidrograma triangular SCS

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando la misma delimitación de la cuenca hidrográfica del área de diseño, se comprobaron todos los parámetros hidrológicos, incluidas las pendientes, las longitudes, el CN, etc. Finalmente, se calculó la descarga máxima en la cuenca para el escenario de mayor precipitación registrado en 1998 para ser comparados con los del diseño a 50 y 100 años. Estos datos se utilizaron como una entrada al Hec-Ras para modelar las profundidades y elevación del espejo del agua a lo largo del tramo de río analizado.

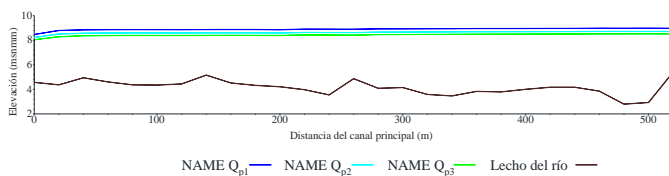
La tabla 1 muestra la descarga máxima de la misma cuenca para los tres escenarios. El primer escenario  $Q_{p1}$  es para el evento con un período de retorno de 100 años, el segundo  $Q_{p2}$  para un evento de 50 años y el tercer escenario  $Q_{p3}$  es para el evento de mayor precipitación registrado en 1998, donde  $P = 221.8$  mm

AREA	S	L	Tc	H	$Q_{p1}$	$Q_{p2}$	$Q_{p3}$
( $km^2$ )	(m/m)	(km)	(hr)	(m)	( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )
45.82	0.0032	17.65	4.86	80	128.40	111.19	98.62

**Tabla 1.** Características hidrográficas (Elaboración Propia)

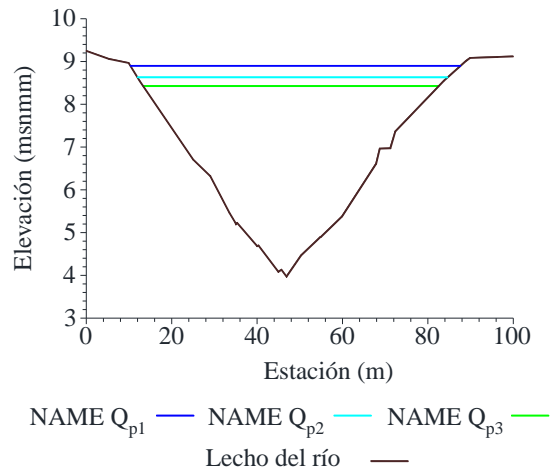
En Hec Ras, el tramo analizado se define a través de 27 secciones transversales extraídos de la topografía del área de estudio. Las secciones son cada 20 m de distancia y cubren una la longitud total de 0.520 km. del recorrido río analizado, con un ancho promedio de 100m, de la cual el puente diseñado se encuentra en la estación 0+220. Durante todo el trayecto, el coeficiente de Manning está dispuesto a ser 0.045 para el cauce definido y 0.03 para sus riberas, ya que el río presenta gran cantidad de maleza y sedimento. El régimen de flujo en Hec Ras está configurado para ser mixto, la condición de límite aguas arriba y aguas abajo se establece como una paralela a la pendiente promedio del río, esto es 0.0045 m/m.

Después de cumplir con todos los datos de entrada y las condiciones de contorno en Hec Ras, la simulación se realiza como un análisis de estado estacionario. La *Figura 3* muestra los perfiles de la superficie del agua para los dos escenarios Qp1 y Qp2 que representan un evento con período de retorno de 50 y 100 años respectivamente, y Qp3 que representa el evento máximo ocurrido en el área de estudio; el nivel del lecho del río también se muestra en la figura.

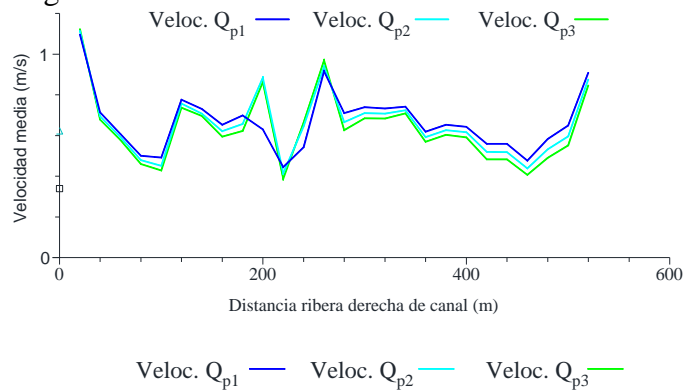


**Figura 3.** Perfil longitudinal de los Niveles de agua Qp1 y Qp2 vs. Qp3 (Elaboración Propia)

En la *Figura 4* se muestra que la diferencia entre ambos espejos de agua en la estación 0+220 donde se ubica el puente es de 0.46m entre Qp1 y Qp3. Esta estación se muestra en la sección transversal presentada en la *Figura 4* donde se observa la superficie del espejo de agua para los tres escenarios.



**Figura 4.** Perfil transversal de los Niveles de agua Qp1 y Qp2 vs. Qp3 (Elaboración Propia)  
 La *Figuras 5, 6 y 7* muestran las velocidades a lo largo del tramo analizado para los tres escenarios en la ribera derecha, en el canal principal y ribera izquierda respectivamente. Se observa que hay varias secciones que presentan velocidades considerables superando los 1 m/s, pero la mayoría se encuentra debajo de este rango.



**Figura 5.** Perfil longitudinal de Velocidades, ribera derecha Qp1 y Qp2 vs. Qp3 (Elaboración Propia)

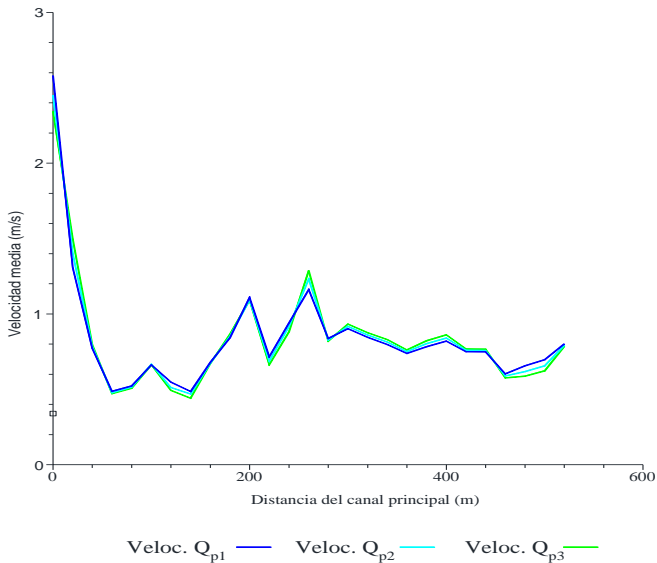


Figura 6. Perfil longitudinal de Velocidades, canal principal Qp1 y Qp2 vs. Qp3 (Elaboración Propia)

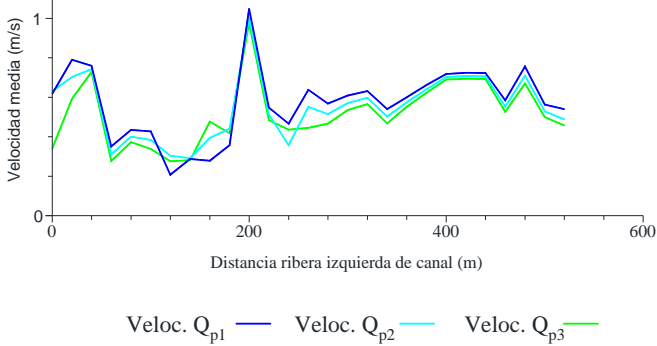


Figura 7. Perfil longitudinal de Velocidades, ribera izquierda Qp1 y Qp2 vs. Qp3 (Elaboración Propia)

Es bien sabido que las corrientes de agua generan arrastre de suelo, los ríos en todo su cauce generan erosión de fondo o lecho y erosión lateral o de ribera (Milanés & Fabian, 2018). Gran parte de los cultivos de la zona se dedican al sembrío de arroz, según Wang frecuentemente los cultivos de arroz producen efectos controladores que ayudan a evitar la erosión y permiten la retención del suelo y del agua (Wang, y otros, 2019). Este efecto de arrastre está directamente influenciado por la lluvia, la intensidad en el desarrollo de la erosión depende del tamaño y velocidad del agua de lluvia, entre otros factores (QUISPE, 2018). Como se puede observar en la figura 7, las velocidades alrededor de la estación donde se encuentra ubicado el puente tienden a ser más altas que en las demás estaciones, esto se debe al estrangulamiento del río que se produce por la presencia de la estructura existente que hace que su capacidad hidráulica se reduzca, aumentando la velocidad del agua. En estas estaciones el peligro de

tener altas velocidades puede producir erosiones considerables y el transporte de sedimentos que debe ser tenido en cuenta. El efecto de este arrastre de sedimentos puede conducir además su asentamiento aguas abajo y al desbordamiento en futuros eventos y al colapso de la carretera. Las velocidades en la estación 0+220 son más elevadas en el escenario de máxima intensidad extraordinaria Qp3, excepto en la ribera izquierda por lo que es recomendable la implementación de estructuras de protección en este sector.

#### IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de softwares para el modelado de cauces y cuencas hidrológicas son herramientas de investigación muy útiles en el diseño de estructuras de drenaje de carreteras, especialmente en donde no existen datos hidrometeorológicos disponibles. En este tipo de investigaciones, Hec Ras es una herramienta muy útil para estimar los niveles máximos que los flujos, sus velocidades y demás parámetros de diseño pueden desarrollar a partir de eventos de alta precipitación como en la Reserva Ecológica Manglares Churute. El estudio indica que los eventos de máxima intensidad son más frecuentes que los periodos de retorno con las que se diseñan las estructuras de drenaje de carreteras en Ecuador como muestra la figura 8.

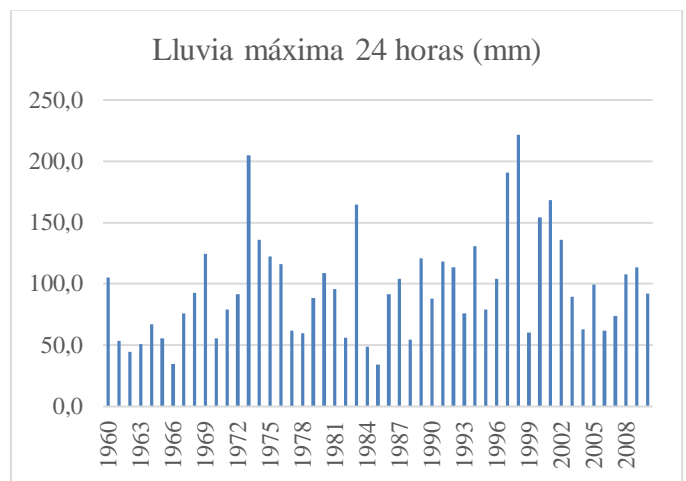


Figura 8. Lluvia máxima 24 horas desde 1960 hasta 2010, estación M0056 Guayaquil Aeropuerto. (Elaboración Propia)

El objetivo principal de este estudio fue modelar los niveles de agua y sus velocidades a lo largo de un tramo que constituye el área de influencia de la vía de acceso que sirve de acceso a la reserva. Tres escenarios de caída de lluvia se utilizaron en este estudio; una tormenta de 50 y 100 años de período de retorno definidos en el diseño, y el escenario en que se produjo la mayor tormenta registrada en esta región en abril de 1998. Los tres escenarios indican que la mayor tormenta registrada exigiría menos dimensionamiento de las estructuras de drenaje que los estimados en el diseño, lo cual afecta directamente a la reserva ecológica Manglares Churute.

#### REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA:

- Ashcroft, L., Karoly, D. J., & Dowdy, A. J. (2019). Historical extreme rainfall events in southeastern Australia. *Weather and Climate Extremes*.
- California Highways and Public Works. (1942). *California culvert practice*. Sacramento.
- Ezz, H. (2018). Integrating GIS and HEC-RAS to model Assiut plateau runoff. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 219–227.
- INHAMI. (2020). *Servicio Meteorológico*. Obtenido de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_men.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_men.pdf)
- Kalantari, Z., Briel, A., Lyon, S. W., Olofsson, B., & Folkesson, L. (2014). On the utilization of hydrological modelling for road drainage design. *Science of the Total Environment*, 97–103.
- Kalantari, Z., Lyon, S. W., Folkesson, L., French, H. K., Stolte, J., Jansson, P.-E., & Sassner, M. (2014). Quantifying the hydrological impact of simulated changes in land use on. *Science of the Total Environment*, 741–754.
- Milanés, C., & Fabian, C. (2018). *Experiencias metodológicas para la gestión del riesgo*. Barranquilla: Educosta S.A.S.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte. (2013). *Manual NEVI-12 VOLUMEN\_2A*. Obtenido de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)
- NOAA. (enero de 2016). *El Niño and La Niña: Frequently asked questions*. Obtenido de <https://www.climate.gov/print/808421>
- NOAA. (2020). *Cold & Warm Episodes by Season*. Obtenido de [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)
- QUISPE, T. C. (2018). *Repositorio Institucional*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3600>
- Sarhadi, A., & Soulis, E. D. (2017). Time-varying extreme rainfall intensity-duration-frequency. *American Geophysical Union*, 2454-2463.
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (s.f.). *Area Nacioal de Recreación Parque Lago*. Obtenido de Áreas Protegidas: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/reserva-ecologica-manglares-churute>
- Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook, Section 4*. Washington, DC.
- Wang, X., Xue, B., Yao, S., Yang, H., Gu, Z., Yang, B., . . . Zhu, Y. (2019). 137Cs estimates of soil erosion rates in a small catchment on a channelized. *Journal of Environmental Radioactivity*, volumes 208-209.

**Orellana Gutiérrez E.D.** Estudiante de la Maestría en Ingeniería Civil, mención en Construcción Civil Sustentable de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.