



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE
INGENIERÍA



PLAN DE TESIS

Aprovechamiento de Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución en Modelación Hidrológica/Hidrodinámica de Gran Escala.

Caso de Estudio: Cuenca del Río Itajaí (Estado de Santa Catarina – Brasil)

Alumno: BENITO PEREIRA

Orientador: WALTER COLLISCHONN



Porto Alegre, Diciembre de 2017

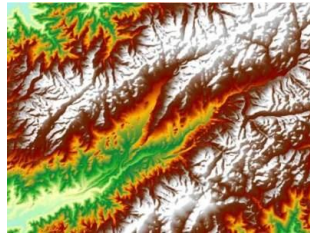


INTRODUCCIÓN

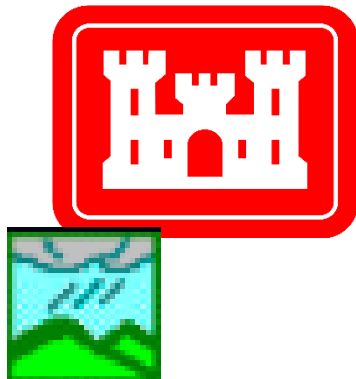
INTRODUCCIÓN

Progresivo avance de los Sistemas de Información Geográfica en las últimas décadas...

MDE

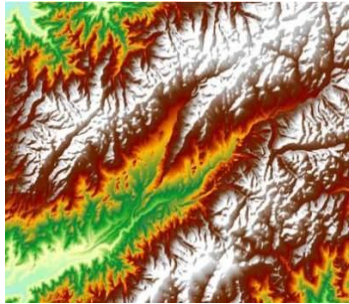


- ✓ Permitted the development of new methodologies and ***modelos para simular el comportamiento hidrológico*** e hidráulico de una cuenca.

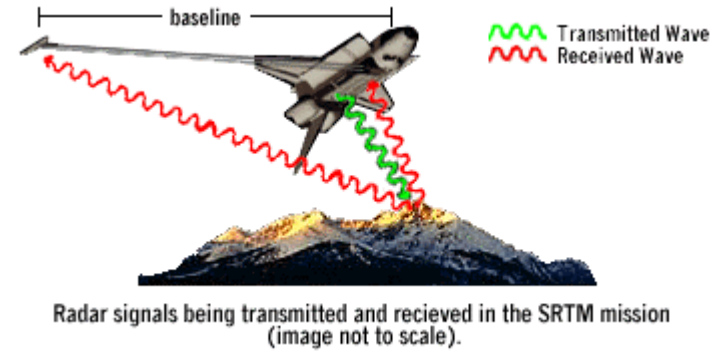


INTRODUCCIÓN

MDE

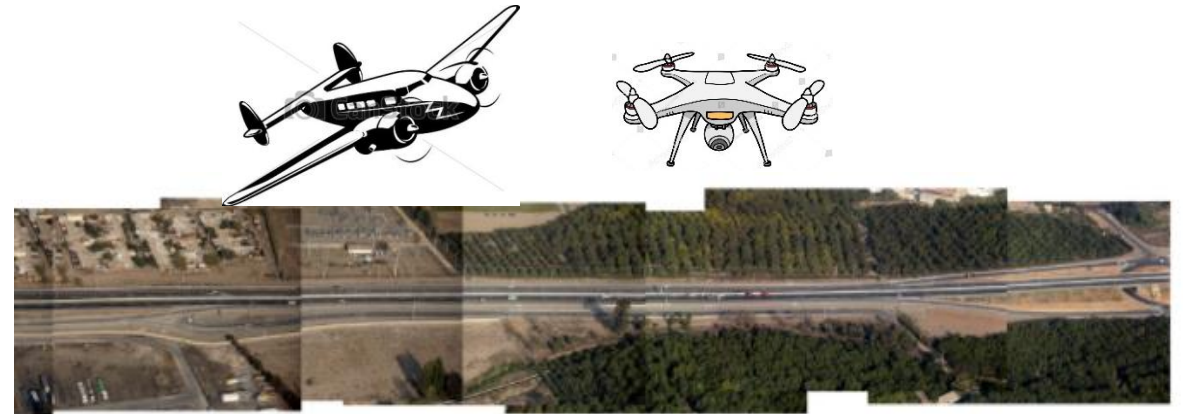


1. INTERFEROMETRÍA

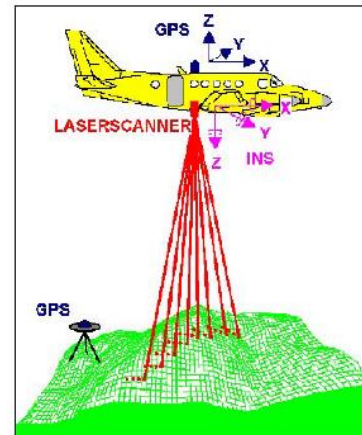


SRTM
ASTER
TanDEM-X

2. AEROFOTOGRAMETRÍA

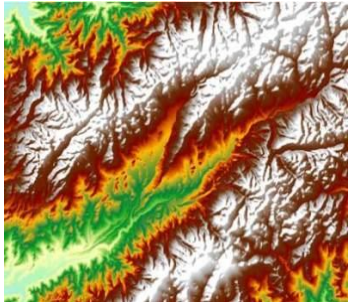


3. LiDAR



INTRODUCCIÓN

MDE



1. INTERFEROMETRÍA

- SRTM (90 m o 30 m)
- ASTER (30 m)
- TanDEM-X (12 m)

2. AEROFOTOGRAMETRÍA

**Altas Resoluciones
5 m, 2 m, 1m**

3. LiDAR



Modelación Hidrológica



Modelación Hidráulica (Modelos Hidrodinámicos)



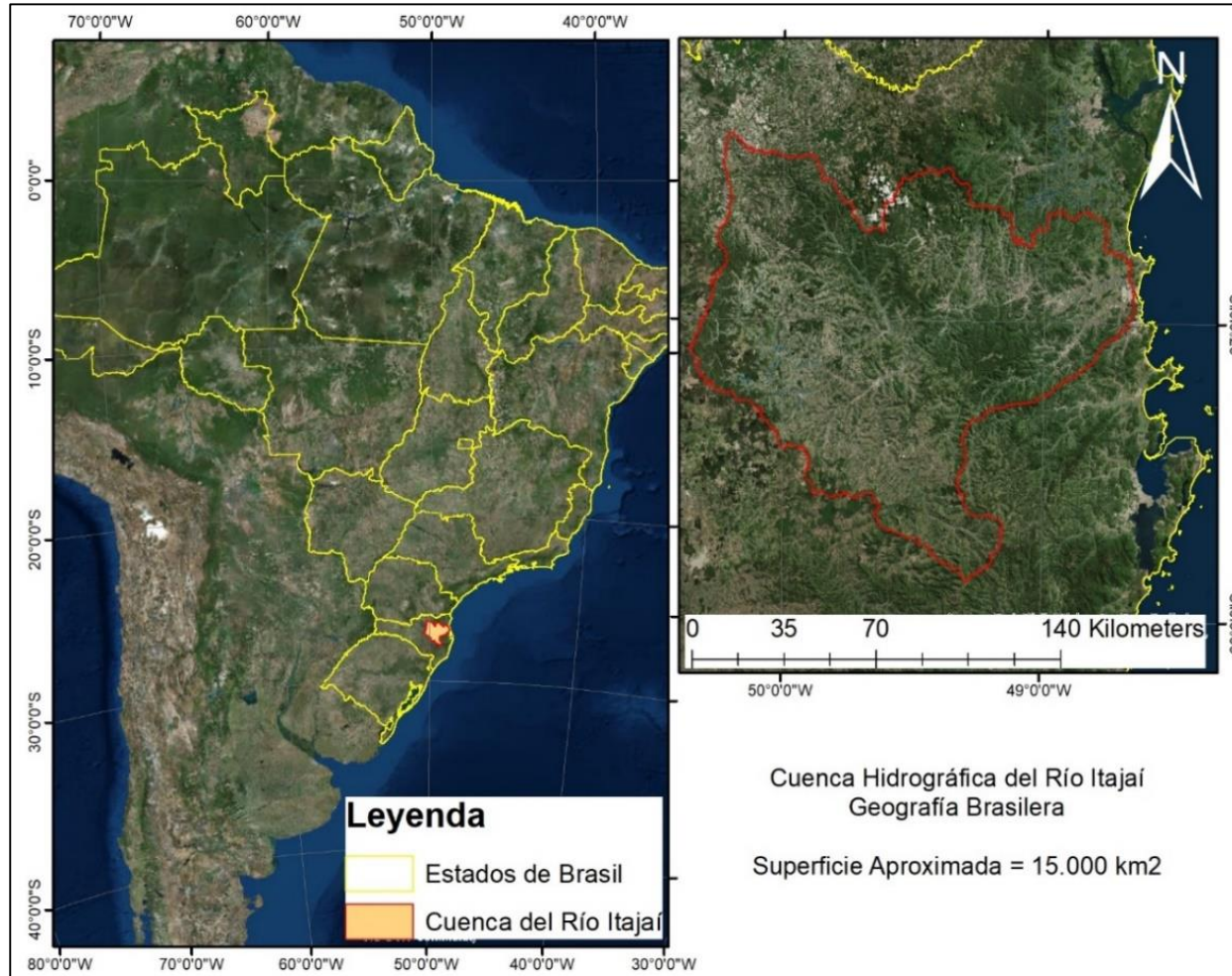
JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

- Avances en la adquisición de datos de alta resolución deben ir acompañados de importantes avances en el análisis y procesamiento de esta información. ***Formas de almacenar y manipular información que ocupa mucho espacio.***
- ***Es posible llevar a cabo un estudio de caso.*** Existe una cuenca donde es posible la obtención de información de muy alta resolución en la totalidad de su superficie.

JUSTIFICACIÓN

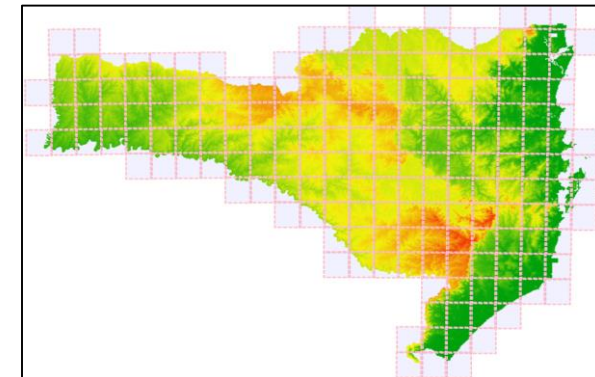
AREA DE ESTUDIO



1. **Planicies de Inundación** relativamente extensas con desarrollo urbano, las cuales se encuentran constantemente afectadas por inundaciones.

**CANDIDATO PARA APLICACIÓN
DEL MODELO INERCIAL**

2. **Datos de aerofotogrametría (1 m).**



OBJETIVOS

OBJETIVOS

GENERAL

- ✓ *Aprovechar la información de Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución en Modelación Hidrológica/Hidrodinámica de Gran Escala.*

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS

- ✓ Desarrollar un **Modelo Hidrológico/Hidrodinámico** en la Cuenca del Río Itajaí, utilizando el MGB-IPH (Inercial) con información de elevación convencional (**SRTM 90 x 90 m**).
- ✓ **Calibrar** el Modelo Hidrológico/Hidrodinámico MGB-IPH (Inercial) para el periodo con mayor cantidad de datos disponibles.
- ✓ Aprovechar información de **alta resolución** para implementar el **Modelo Hidrológico/ Hidrodinámico** MGB-IPH (Inercial).
- ✓ **Comparar los resultados** obtenidos con información convencional SRTM (90 x 90 m) e información de alta resolución (MDT de 1 x 1 m).

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

MANIPULACIÓN DE GRAN VOLUMEN DE ARCHIVOS RASTER

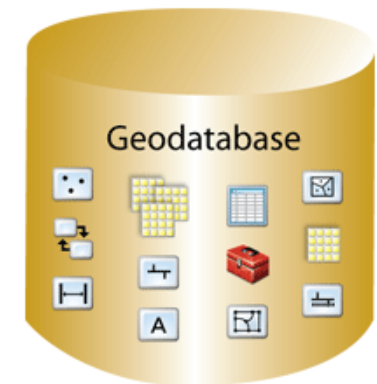
□ DATASET MOSAICO

Modelo de datos dentro de la geodatabase que se utiliza para administrar una colección de datasets ráster (imágenes) que se almacena como un catálogo y que se ve como una imagen en mosaico¹.

GEODATABASE
????



Colección de Datos
Geográficos de varios
tipos

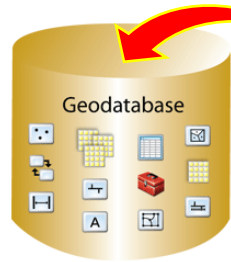


¹ Definición del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

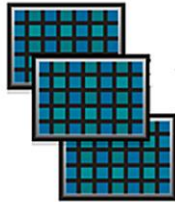
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

❑ CREACIÓN DE DATASET MOSAICO

1. Crear Geodatabase



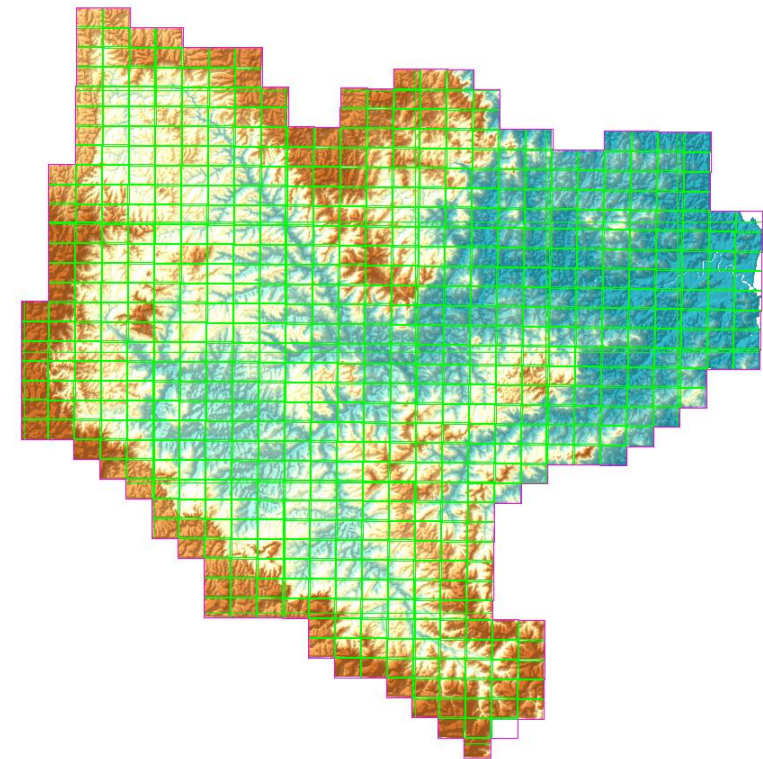
2. Crear el Dataset Mosaico



3. Adicionar Raster



4. Dataset Mosaico



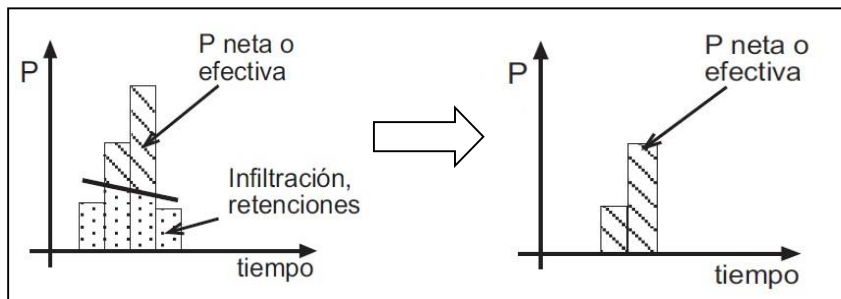
Operador Mosaico

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

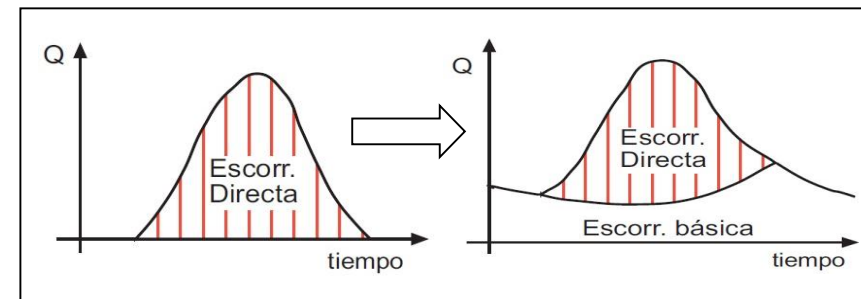
MODELOS HIDROLÓGICOS

Se define como la descripción matemática de la respuesta de una cuenca ante la ocurrencia de una serie de eventos de precipitación (Viessman, Lewis, & Knapp, 1989).

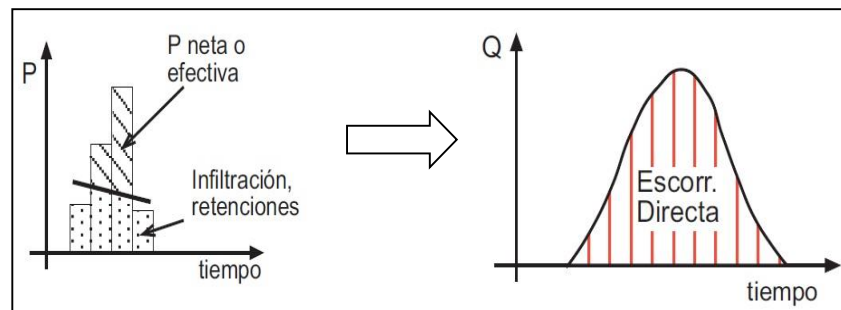
1. PÉRDIDAS.



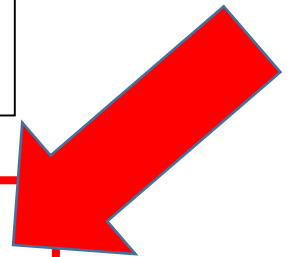
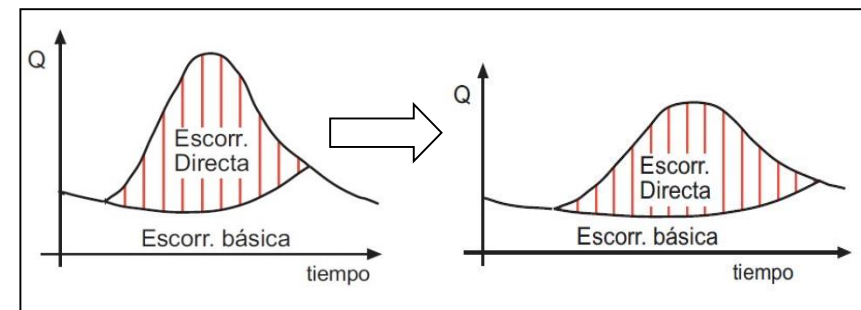
3. CAUDAL BASE.



2. TRANSFORMACIÓN.

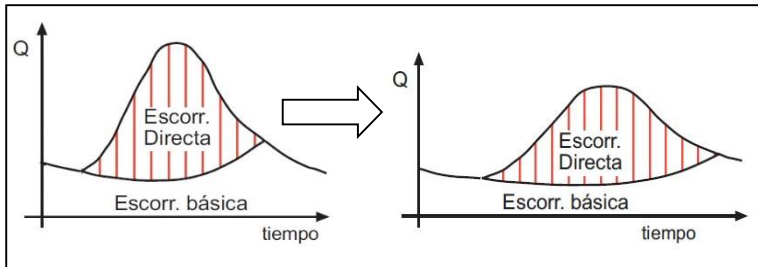


4. PROPAGACIÓN DE CAUDAL



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

❑ PROPAGACIÓN DE CAUDAL



INICIALMENTE



**MODELO MUSKINGUM
CUNGE**

ACTUALMENTE



MODELO INERCIAL

ECUACIONES DE SAINT VENANT

Ecuación de Continuidad

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

Ecuación de Cantidad de Movimiento o Ecuación Dinámica

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gAS_0 - gAS_f$$

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

□ APROXIMACIONES NUMÉRICAS A LAS ECUACIONES DE SAINT VENANT

✓ CONTINUIDAD:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial V}{\partial x} = \sum Q_{in} - \sum Q_{out} \quad \longrightarrow \quad \frac{V_i^{t+\Delta t} - V_i^t}{\Delta t} = \sum Q_{in}^{t+\Delta t} - \sum Q_{out}^{t+\Delta t}$$

✓ CANTIDAD DE MOVIMIENTO:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \cancel{\frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x}} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gAS_0 - gAS_f$$
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gBh \frac{\partial y}{\partial x} + g \frac{|Q| \cdot Q \cdot n^2}{h^3} = 0$$

Reordenando y escribiendo el caudal para el final del intervalo de tiempo en forma EXPLÍCITA...

$$Q_i^{t+\Delta t} = \left(\frac{(Q_i^t) - g \cdot B \cdot \Delta t \cdot (hflow_i \cdot Sflow_i)}{\left(1 + \frac{g \cdot \Delta t \cdot hflow_i \cdot (|Q_i^t|) \cdot n^2}{B \cdot (hflow_i)^{\frac{10}{3}}} \right)} \right)$$

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- **Geomorfología del Cauce**

Se considera que las *secciones transversales son rectangulares*, y que la longitud y la profundidad pueden ser estimadas por curvas empíricas que relacionan estas variables con el área de drenaje (Mejia, Reed, 2011; Paiva, Collischonn, Tucci, 2011a).

$$H_{rio_i} = a \cdot A_i^b$$

$$W_{rio_i} = c \cdot A_i^d$$

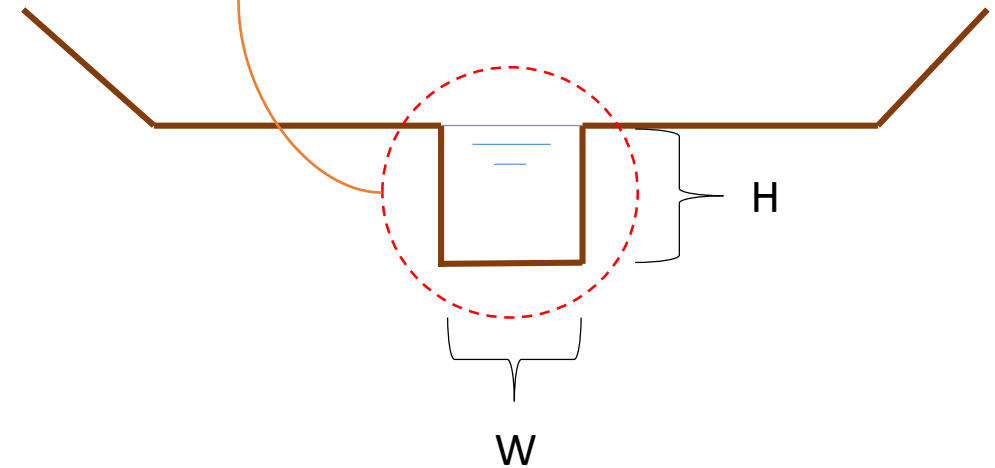
Donde:

H_{rio_i} = Profundidad del cauce en la minicuenca i [m]

W_{rio_i} = Ancho del cauce en la minicuenca i [m]

A_i = Área de drenaje [m^2]

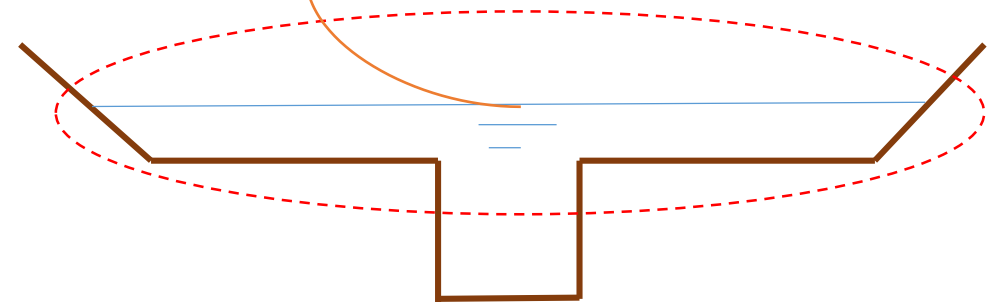
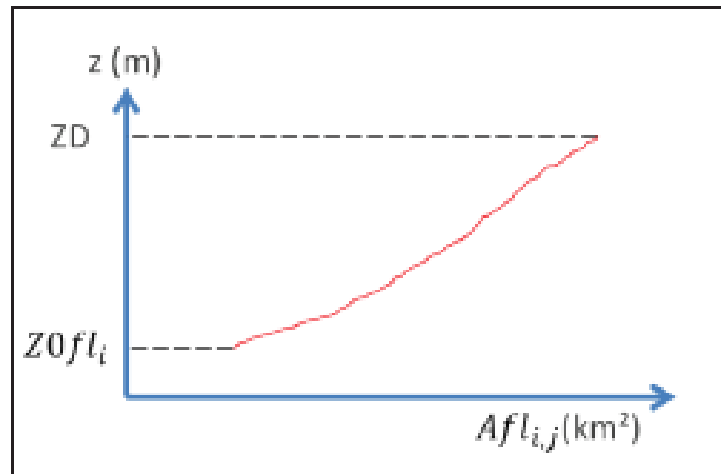
a , b , c , d son los parámetros de ajuste de las ecuaciones del tipo potencial que relacionan la profundidad y el ancho del cauce con el área de drenaje.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- **Geomorfología de la Planicie de Inundación**

La topo-batimetría de la planicie de inundación es obtenida a partir de una curva hipsométrica. Esta curva es utilizada posteriormente para estimar el área inundada en cada minicuenca para diferentes valores del nivel de agua.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

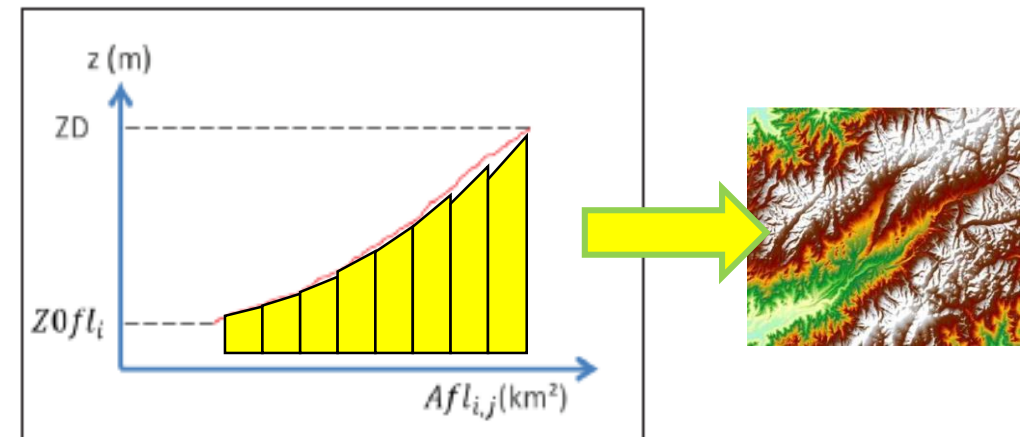
□ PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN EL MGB - IPH

- Condición Inicial:** se asume una condición inicial de profundidad para todas la minicuenas.
- Cálculo de caudal y cota:** Se utiliza las siguientes ecuaciones para determinar el valor de caudal y cota para el final del intervalo de tiempo.
- Actualización de valores de cota:** luego del cálculo anterior, se tiene el valor de $V_{t+\Delta t}$ para todas las minicuenas. Con este valor se obtiene el nivel de agua interpolando la tabla **COTA/VOLUMEN** de cada minicuenca $y_{t+\Delta t}$
- Actualización de valores de profundidad:**

$$h_i^{t+1} = y_i^{t+1} - Z_{tab_{i,1}}$$

Cota de Nivel de Agua Cota de Fondo

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{V_i^{t+\Delta t} - V_i^t}{\Delta t} &= \sum Q_{in}^{t+\Delta t} - \sum Q_{out}^{t+\Delta t} \\ Q_i^{t+\Delta t} &= \left(\frac{(Q_i^t) - g \cdot B \cdot \Delta t \cdot (hflow_i \cdot Sflow_i)}{\left(1 + \frac{g \cdot \Delta t \cdot hflow_i \cdot (|Q_i^t|) \cdot n^2}{B \cdot (hflow_i)^{\frac{10}{3}}} \right)} \right) \end{aligned} \right.$$

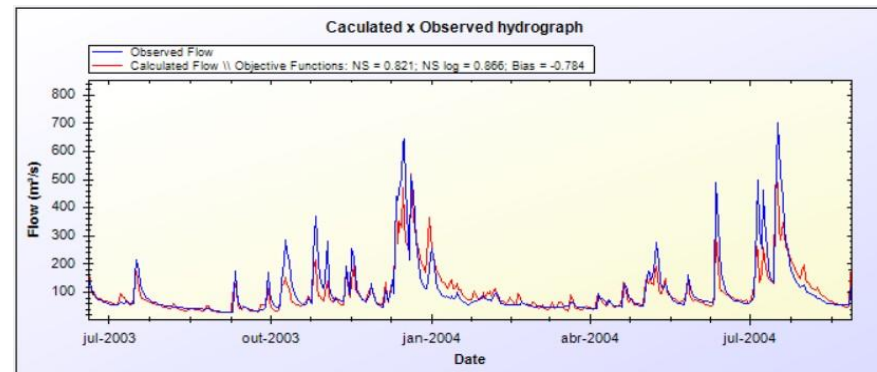
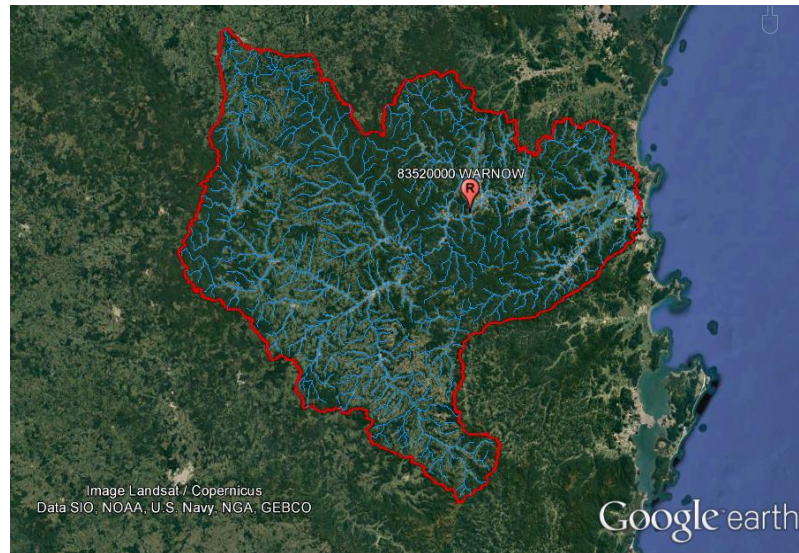


Pontes et al. (2015)

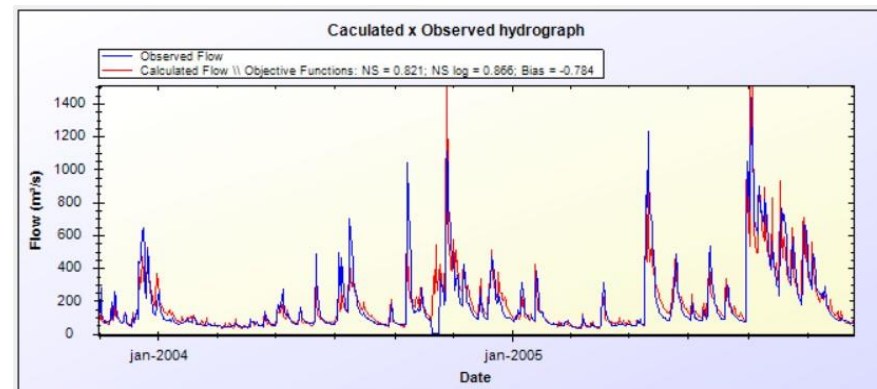
METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

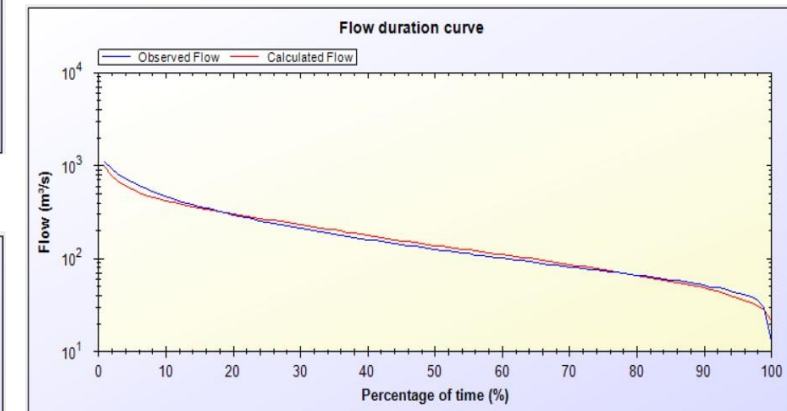
1. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO/HIDRODINÁMICO MGB-IPH (INERCIAL) CON INFORMACIÓN DE ELEVACIÓN CONVENCIONAL (SRTM 90 x 90 m).



Hidrograma Simulado y Observado (Periodo 2003 – 2004)



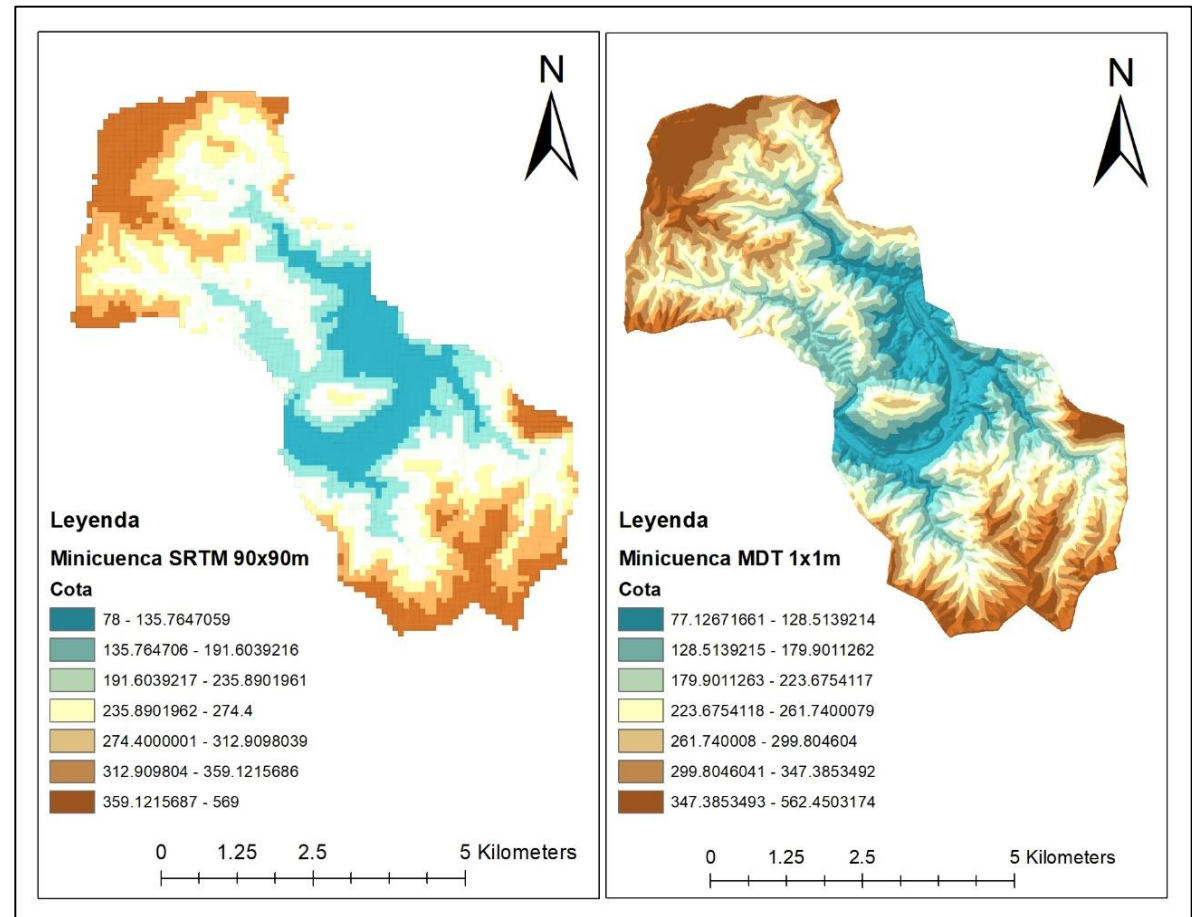
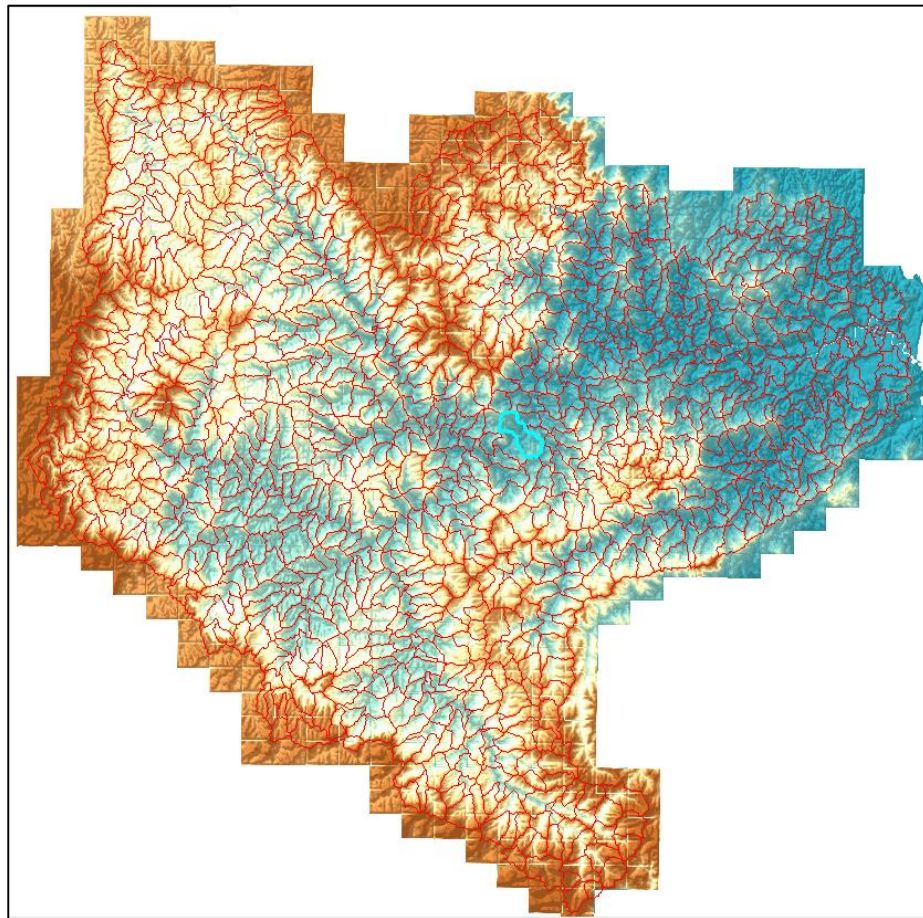
Hidrograma Simulado y Observado (Periodo 2004 – 2005)



Curva de Permanencia (Periodo 1986 – 2006)

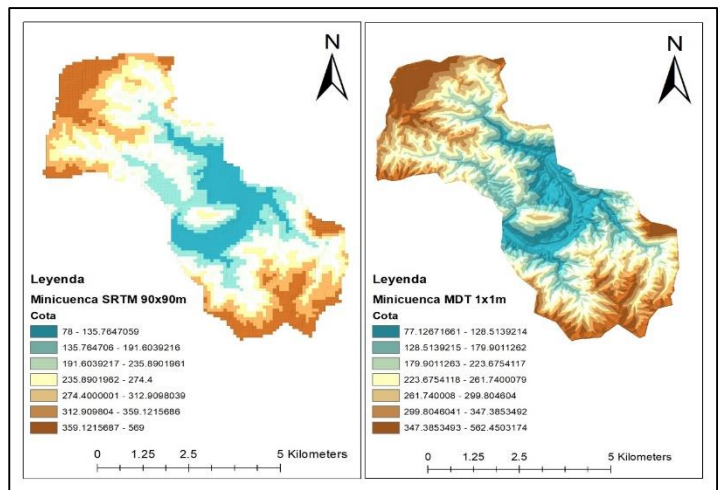
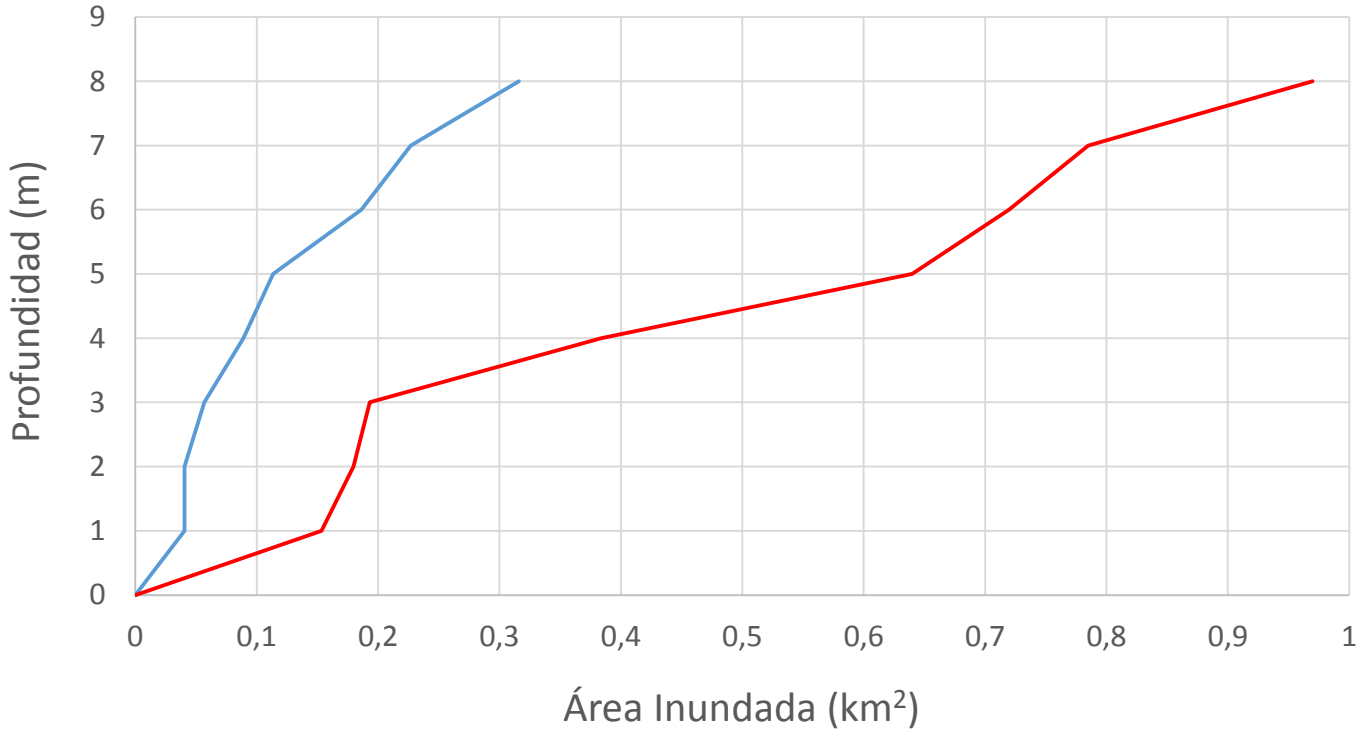
METODOLOGÍA

2. INCORPORACIÓN DE DATOS DE ELEVACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN AL MODELO HIDROLÓGICO/HIDRODINÁMICO.



METODOLOGÍA

CURVAS HIPSOMÉTRICAS CON DISTINTAS FUENTES DE INFORMACIÓN



— SRTM 90 x 90 m
— MDT 1 x 1 m

CAMBIAR TABLA COTA/ÁREA OBTENIDA CON SRTM POR OTRA OBTENIDA CON MDT 1x1 m

RESULTADOS ESPERADOS

RESULTADOS ESPERADOS

- ***Se espera que el modelo inercial trabaje con una mejor precisión respecto al área inundada, y, por ende, represente de mejor manera los hidrogramas simulados.***
- ***La comparación entre los resultados generados con distintas fuentes de información, permitirá definir si es factible el aprovechamiento de Modelos Digitales de Elevación de alta resolución en Modelación Hidrológica/Hidrodinámica de Gran Escala con el Modelo MGB – IPH.***

CRONOGRAMA

CRONOGRAMA

Actividades	Dic	Ene	Feb	Mar
Finalización de la defensa del Plan de Tesis	■			
Revisión Bibliográfica acerca de Base de Datos Mosaico, Modelación con MDT de Alta Resolución	■			
Pruebas de aprovechamiento de datos de elevación de alta resolución en la Cuenca del Río Itajaí		■		
Comparación de resultados obtenidos con MDS SRTM (90 x 90 m) y MDT Santa Catarina (1 x 1 m)			■	
Establecimiento de un procedimiento sencillo para el aprovechamiento de información de elevación de alta resolución en Modelación Hidrológica / Hidrodinámica con el MGB - IPH			■	■

REFERENCIAS

- ✓ Bremicker, M. (1998). *Aufbau eines Aufbau eines Wasserhaushaltsmodells für das Weser und das Ostsee Einzugsgebiet als Baustein eines Atmosphären-Hydrologie-Modells*. Freiburg, Germany: Dissertation Doktorgrad. Geowissenschaftlicher Fakultat der Albert- Ludwigs-Universita't.
- ✓ Cárdenas Quiroga, E. A., Morales Martín, L. Y., & Ussa Caycedo, A. (2015). La estereoscopia, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. *Revista Científica General José María Córdova*, 201-219.
- ✓ Chow, V. T. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Inc.
- ✓ Collischonn, W. (2001). Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. Tese de doutorado. *Tese de Doutorado*.
- ✓ Collischonn, W., Allasia, D., Silva, B. C., & Tucci, C. E. (2007). The MGB-IPH model for large scale rainfall-runoff modelling. *Hydrological Sciences Journal*, 878-895.
- ✓ EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária). (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasilia, DF.
- ✓ Fan, F. M., & Collischonn, W. (2014). Integração do Modelo MGB-IPH com Sistema de Informação Geográfica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 243-254.
- ✓ Fan, F., Pontes, P., Paiva, R., & Collischonn, W. (2014). Avaliação de um método de propagação de cheias em rios com aproximação inercial. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 137-147.
- ✓ FAO. (2006). *Evapotranspiración de Cultivo*. Roma.
- ✓ Farr, T., Rosen, P., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., . . . Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Rev. Geophys.*
- ✓ Fatorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico* (2ª ed.). Edición Digital.
- ✓ Geografia, I. N. (s.f.). Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- ✓ Liu, X., & Zhang, Z. (2008). LiDAR Data Reduction For Efficient and High Quality DEM Generation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inform. Sci.*, P1.
- ✓ Mejia, A., & Reed, S. (2011). Evaluating the effects of simplified routing and parameterized cross section shapes with a coupled distributed hydrologic and hydraulic model. *Journal of Hydrology*, 409.
- ✓ METI & NASA. (2009). *ASTER global DEM validation summary report*.
- ✓ Moussa, R., & Bocquillon, C. (1996). Criteria for the choice of flood-routing methods in natural channels. *Journal of Hidrology*, 1-30.
- ✓ National Ocean Service. (s.f.). *National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce*. Obtenido de <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>
- ✓ Paiva, R. (2009). *Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de Caso: bacia do rio Solimões*. Porto Alegre: UFRGS.
- ✓ Pontes, P. R., Collischonn, W., Fan, F. M., Paiva, R. C., & Buarque, D. C. (2015). Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 888-904.
- ✓ Tucci, C. (1998). *Modelos Hidrológicos*. Porto Alegre: ABRH.
- ✓ Viessman, W., Lewis, G., & Knapp, J. (1989). *Introduction to Hydrology*.
- ✓ Walter Collischonn, e. a. (2017). *Manual de Exemplo de Aplicação do Modelo MGB-IPH 2017 Utilizando o IPH-Hydro Tools*. Institucional, Porto Alegre.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!