

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

autor

DENNIS FERNEY LEAL PINTO
GILBERTO LEON MENDOZA

Director

JORDI RAFAEL PALACIOS GONZALES
MCS. Ingeniería Ambiental

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, diciembre 12 de 2022

**ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS**

Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios, por ser nuestro guía, por llevarnos siempre de la mano, y darnos la salud y fortaleza necesaria para afrontar cada uno de los obstáculos presentados tras el paso de nuestras vidas, porque sin duda alguna él es el principal actor de que hoy nos encontremos aquí, logrando este gran sueño.

A nuestros Padres, porque son el pilar fundamental de nuestras vidas, porque sin ellos no seríamos los que somos hoy por hoy, porque nos apoyaron y nos extendieron su mano, cuando más lo necesitábamos, por esos regaños, por esas risas, por esos llantos, que nos hicieron ser seres integrales y grandes, porque están aquí acompañándonos en este gran camino para llegar a ser unos excelentes profesionales, sin importar el tiempo y la distancia, porque fueron pacientes y nos enseñaron grandes valores.

Amigos, porque con ustedes compartimos grandes experiencias, conocimientos y nos ayudaron a crecer, compartimos risas, compartimos también sueños, porque la Universidad de Pamplona, nos dejó algo muy hermoso en común, que es luchar por lo que queremos, y contar siempre con grandes personas que nos permitan avanzar y nos den la mano y esa voz de aliento de que siempre podemos sin importar las circunstancias.

Y por último agradecer a nuestra alma mater Universidad de Pamplona y a nuestros queridos docentes, por abrirnos las puertas y recibirnos con ese caluroso abrazo para ayudarnos a formar hoy por hoy como profesionales en Ingeniería Civil, por brindarnos ese espacio de

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

sabiduría, y enriquecernos de conocimiento y no solo eso, sino por ayudarnos a formar como personas, y en especial a nuestro querido tutor, por ser la guía y el elemento clave para poder llegar hasta aquí, porque gracias a su colaboración y a su mano llena de amor por sus estudiantes, nos permitió salir adelante con este proyecto.

Dennis Leal & Gilberto León

Tabla de Contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco Teórico	3
2.1.	Hidrología, ¿Qué es?	3
2.2.	Historia de la Hidrología	4
2.3.	Importancia de la Hidrología	5
2.4.	Aplicaciones de la Hidrología	5
2.5.	Ciclo Hidrológico	6
3.	Tipos de Escala de Estudios Hidrológicos	8
3.1.	Oceanografía	8
3.1.1.	<i>Oceanografía Geológica:</i>	9
3.1.2.	<i>Oceanografía química</i>	10
3.1.3.	<i>Oceanografía Física</i>	11
3.1.4.	<i>Oceanografía Biológica</i>	12
3.2.	Meteorología	13
3.3.	Hidrometeorología	14
3.4.	Hidrología superficial	15
3.4.1.	<i>Hidrología Agrícola</i>	15
3.4.2.	<i>Hidrología Forestal</i>	16
3.4.3.	<i>Hidrología Urbana</i>	18
3.4.4.	<i>Hidrología de Regiones áridas y Semiáridas</i>	19
3.4.5.	<i>Hidrología en Zonas Pantanosas</i>	20
3.4.6.	<i>Hidrología en Avenidas o Crecientes</i>	21
3.5.	Estudio de lagos	22
3.6.	Potamología	23
3.7.	Hidrogeología	25
3.8.	Criología	26
4.	La física existente detrás de las escalas hidrológicas	27
4.1.	Ecuación Hipsométrica	27
4.2.	La oceanografía sumergida en la física	29
4.3.	La meteorología sumergida en la física	30

	5
4.3.1. Componentes de un modelo meteorológico	30
4.3.2. Modelamiento y ecuaciones	32
4.4. Sistema Hidrológico Global	33
4.4.1. Interceptación por coberturas vegetales	35
4.5. Variables Hidrometeoro lógicas en el proceso de la interceptación	36
4.6. Hidrología Superficial	37
4.6.1. Cálculo de la Precipitación neta	37
4.6.2. Tiempo de Concentración	38
4.6.3. Método Racional	39
4.7. Hidrología Superficial en la Ingeniería Civil	39
4.8. Gestionamiento de embalses y limnología	44
4.9. Potamología	44
4.10. Hidrogeología	45
4.11. Método Numero de Curva	46
4.12. SCS-Método	47
4.12.1. Gasto máximo	48
5.2. Descripción de los Modelos de las Escalas Hidrológicas	57
6. Conclusiones	65
7. Bibliografía	66

Lista de Tablas

Tabla 1 Tiempos de concentración	49
Tabla 2 Valores de curva para áreas urbanas.....	50
Tabla 3 Descripción Modelos Escalas Hidrológicas	64

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 Ecuación Hipsométrica	27
Ecuación 2 Hidrostática	27
Ecuación 3 Diferencial de equilibrio hidrostático	28
Ecuación 4 Ley del gas ideal	28
Ecuación 5 Constante de los gases dividida por la masa molar.....	28
Ecuación 6 Integración	28
Ecuación 7 Atmosfera estándar internacional.....	28
Ecuación 8 Eliminación logaritmo neperiano	29
Ecuación 9 Ecuación balance hídrico	34
Ecuación 10 Balance de masa para eventos de Precipitación.....	35
Ecuación 11 Ecuación de Penman Monteith	36
Ecuación 12 P. neta.....	37
Ecuación 13 Tiempo de concentración	38
Ecuación 14 Kirpich	38
Ecuación 15 Bransby Williams.....	38
Ecuación 16 Formula método racional	39
Ecuación 17 Función de la lámina de lluvia	47
Ecuación 18 Numero de Curva	47
Ecuación 19 Potencial de retención	48
Ecuación 20 Estimación de la forma	48
Ecuación 21 Tiempo base	48
Ecuación 22 Tiempo al máximo	48

Lista de figuras

Figura 1 Ciclo del Agua.....	7
Figura 2 Oceanografía.....	9
Figura 3 Oceanografía Geológica	10
Figura 4 Oceanografía Química.....	10
Figura 5 Oceanografía Física	11
Figura 6 Oceanografía Biológica	13
Figura 7 Meteorología.....	14
Figura 8 Esquema de una Vertiente	15
Figura 9 Hidrología Agrícola.....	16
Figura 10 Hidrología Forestal	18
Figura 11 Hidrología Urbana.....	19
Figura 12 Zonas áridas y semiáridas, ciclos	20
Figura 13 Zonas Pantanosas.....	21
Figura 14 Riesgos asociados a las avenidas.....	22
Figura 15 Limnología	23
Figura 16 Tipos de cursos en la Potamología	24
Figura 17 Fundamento Hidrogeológico	26
Figura 18 Criología	26
Figura 19 Instalaciones de un puerto	30
Figura 20 Red de observaciones usadas.....	31
Figura 21 Fisca que ocurre en el suelo.....	32
Figura 22 Composición de modelos atmosféricos	32
Figura 23 Esquema de equilibrio hidrostático	33
Figura 24 Diagrama de Bloque del sistema general de hidrología	34
Figura 25 Balanceo de follaje arboles.....	35
Figura 26 Técnicas de medición de los procesos de interceptación	37
Figura 27 Evaluación caudal de precipitación	39
Figura 28 Suposición	39
Figura 29 Gestión de abastecimiento urbano.....	41
Figura 30 Riego Agrícola.....	41
Figura 31 Hidroelectricidad	42
Figura 32 Evacuador de crecidas	43
Figura 33 Control de erosión	43
Figura 34 Aportaciones de la limnología.....	44
Figura 35 Potamología mx.....	45
Figura 36 Hidrogeólogo.....	46
Figura 37 Diagrama Oceanografía.....	51
Figura 38 Diagrama Meteorología.....	52
Figura 39 Diagrama Hidrometeorológica	53
Figura 40 Diagrama Hidrología Superficial	54
Figura 41 Diagrama Limnología.....	55

	9
Figura 42 Diagrama Potamología	55
Figura 43 Diagrama Hidrogeología	56
Figura 44 Diagrama Criología	56
Figura 45 WMOP ocean forecast.....	57

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

Resumen

El proceso de la hidrología se ve necesaria de la comprensión de estudios de los rangos que se denotan por medio de las escalas en el espacio y tiempo, siendo ampliamente caracterizadas, es por ello que un estudio hidrológico se basa en la complejidad de las repercusiones y afecciones de la construcción o valoración de un terreno, que se encuentre influenciado por un cuerpo de agua. Es por ello que en el presente trabajo se realizó un estudio hidrológico de las diferentes escalas que se realizan en los proyectos de ingeniería, dando a conocer cada una de estas y como se forman tanto numéricamente, como por medio de modelos, que le permiten su desarrollo eficaz, y de manera estable.

Palabras clave: Escalas Hidrológicas, Modelamiento Hidrológico, Espacio-Tiempo, Ecuaciones de modelamiento

Abstract

The hydrology process is necessary for the understanding of studies of the ranges that are denoted by means of the scales in space and time, being widely characterized, which is why a hydrological study is based on the complexity of the repercussions and Conditions of the construction or valuation of a land, which is influenced by a body of water. That is why in the present work a hydrological study of the different scales that are carried out in engineering projects was carried out, revealing each of these and how they are formed both numerically and through models, which allow their efficient and stable development.

Keywords: Hydrological Scales, Hydrological Modeling, Space-Time, Modeling Equations

1. Introducción

Todo sistema que opere en la naturaleza, está gobernado por principios biológicos o por principios físicos, los cuales actúan dentro de un rango de escalas que se desarrollan en el espacio y en el tiempo. Cada una de las escalas de actuación, se pueden considerar como un nivel que se aísla del funcionamiento, en donde a su vez cada uno de ellos se encuentra conectado de una u otra forma con su inmediato superior e inferior, con esto se dice que cualquier cambio existente en cada uno de los comportamientos de cada nivel, afectara a los que se encuentren próximos, alterando los niveles superiores, influyendo en los inferiores.

De lo mencionado se puede comprender que para el funcionamiento de cualquier sistema es preciso que se conozca, como es el comportamiento del rango de escalas. Permitiendo establecer pautas que expliquen los mecanismos por los cuales están regidos.

Klimes, afirma que “El error más común cuando se trata de estudiar los procesos naturales dentro de un rango de escalas, es que se tiende a considerar estas como una simple disminución o aumento del tamaño de los objetos, no tomando en cuenta que la naturaleza tiene una escala no arbitraria, sino que es un producto de una serie de interrelaciones a las cuales se encuentran las fuerzas que actúan y los parámetros que determina el proceso”. (Klimes, 1983)

Por lo tanto, a la hora de trabajar en procesos y sistemas a diferentes escalas de estudio, se conviene tener en cuenta ciertos principios, como lo son: Los patrones espaciales de comportamiento de escala que son diferentes en cada escala; Los cambios producidos en los patrones espaciales de diferentes a distintas escalas temporales; Escalas espaciales y temporales que se encuentren relacionadas; Procesos que están regulando los cambios de patrones espaciales a diferentes escalas, sin ningún mecanismo que explique por si mismo los patrones observados. Necesitamos la ayuda de las diferentes variables para describir un proceso parecido según escalas de trabajo.

2. Marco Teórico

2.1. Hidrología, ¿Qué es?

“La hidrología es la ciencia que estudia las aguas del planeta. Le da mayor importancia a las características físicas, químicas y mecánicas de las aguas, así como por su disposición, recorrido y su flujo a nivel regional y global”.

La hidrología superficial “es ciencia encargada del estudio de los fenómenos y desarrollos hidrológicos que acontecen en la superficie de la tierra, especialmente los flujos superficiales”. El agua dulce, se puede mover a muchas velocidades diferentes en la superficie de la Tierra, generalmente a lo largo de caminos fijos que logran variar poco a poco con el tiempo. Estos caminos se conectan con el fin de conformar redes de arroyos y ríos en cuerpos de agua, donde gracias a la gravedad corre agua a partir de su origen hacia el mar, de cuencas pequeñas hacia cuencas gigantes. Esto significa que los factores de los que depende el flujo de agua superficial son principalmente el clima (precipitación, temperatura, etc.), el relieve, la vegetación y la geología (el factor reproductivo del suelo, que a su vez depende del clima). (Unesco, 2021)

Los fenómenos y procesos hidrológicos se fundamentan como el estudio de un conjunto de datos de cambios en los flujos terrestres en el espacio y el tiempo, ciertas propiedades del ciclo hidrológico, tales como a través de la precipitación, la evaporación, la escorrentía. Estas series se convierten en información que se usa en las disposición de

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

decisiones. Por ejemplo, para anticipar, predecir y combatir fenómenos modernos como inundaciones, evaporación, evaporación de lagos y embalses, demanda de agua para cultivos y riego, sequía y desertificación, erosión de los recursos hídricos, precipitaciones o fluctuaciones climáticas y sus efectos. lluvia extrema o suministro de agua.

En general, las propiedades de precipitación y escorrentía son los componentes interpolados del análisis de recursos hídricos en el balance de la red, a pesar de que frecuentemente se representa de igual forma la conexión de evaporación real y potencial. Esencialmente, a estas variables del ciclo hidrológico se les hace seguimiento por redes de aforo. (Ideam, 2019)

2.2. Historia de la Hidrología

El Renacimiento fue una época de "observación" distinguida por la investigación directa del comportamiento del agua por parte de científicos como Leonardo da Vinci (152-1519). Inició entonces una fase convenientemente científica, distinguida como "Medición", donde se comenzó a modernizar y formalizar el estudio del agua (Rivera, 2020).

Siguen las fases de experimento (siglo XVIII), fase moderna (siglo XIX) y fase empírica (siglo XX). El conocimiento del agua y su poder y gestión se modernizó incluso en la época de la racionalización (mediados del siglo XX).

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

Así, su importancia esencial comenzó a entenderse tanto como un elemento bioquímico, y también como un impulso modelador del mundo. El análisis de sus efectos climáticos, geográficos, geográficos y meteorológicos requirió enfoques teóricos y prácticos como los que caracterizaron la terminante etapa de la hidrología: la etapa de teorización que se inició en 1950 y culminó en el siglo actual. (Rivera, 2020)

2.3. Importancia de la Hidrología

Considerando la innegable envergadura de los recursos hídricos como fuente de agua potable, recursos industriales e incluso energía, la hidrología como ciencia no alcanzaría tener mayor relevancia, transformándose entonces en parte vital de las magnas invenciones arquitectónicas e industriales de la sociedad.

Por demás, significa un importante acercamiento a la geografía, la climatología, la geología y varios caminos y estructuras de agua. Comprender las características y la conducta del agua en sus diferentes fases y restricciones es fundamental al momento de programar acciones económicas o estrategias medioambientales.

2.4. Aplicaciones de la Hidrología

Tiene muchas aplicaciones que demuestran su comprensión física, química y mecánica del agua, eventualmente utilizando la hidrología:

- ✓ Obras civiles: p. presas, sistemas de drenaje, embalsamamiento de ríos, etc.

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

- ✓ Tareas de manejo ecológico: limpieza de aguas naturales, también se evalúa la apariencia de contaminadores o deterioro físico a la hidrosfera, la ecología de la industria en el uso del agua.
- ✓ Diseño de centrales hidroeléctricas
- ✓ Elaboración de planes de contingencia por erosión hídrica: evaluación de caudales superficiales
- ✓ Inspección de inundaciones: sistemas masivos de control de aguas.

2.5. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el nombre que representa el cambio de las aguas en la naturaleza, desde su estado (líquido, sólido, y gaseoso) hasta en su forma (aguas superficiales, aguas subterráneas...). Se hace común definir la hidrología como la ciencia encargada del análisis del ciclo hidrológico. Se han propuesto varios diagramas para el ciclo hidrológico, con el objetivo común de crear un diagrama simple que muestre las diferentes formas y estados del agua (Figura 1). El ciclo hidrológico es irregular; antes bien, así lo demuestran las sequías e inundaciones a las que se han estado acostumbrados en el país. Casi anualmente tenemos problemas de sequía en algunas poblaciones y dificultades de inundaciones en algunos lugares, y es en oposición a estas irregularidades la pelea el ser humano. La hidrología se refiere al análisis de los fenómenos naturales, por lo que los procedimientos utilizados en ella no pueden ser rígidos, dejando algunas decisiones al ingeniero. Pero cabe señalar que esta falta de exactitud predictiva no es

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

exclusiva de la hidrología, sino que es común a todas las prácticas de ingeniería y de ingeniería. El uso de carga de fatiga y carga de trabajo en materiales es un ejemplo típico de tecnología. (Concytec)

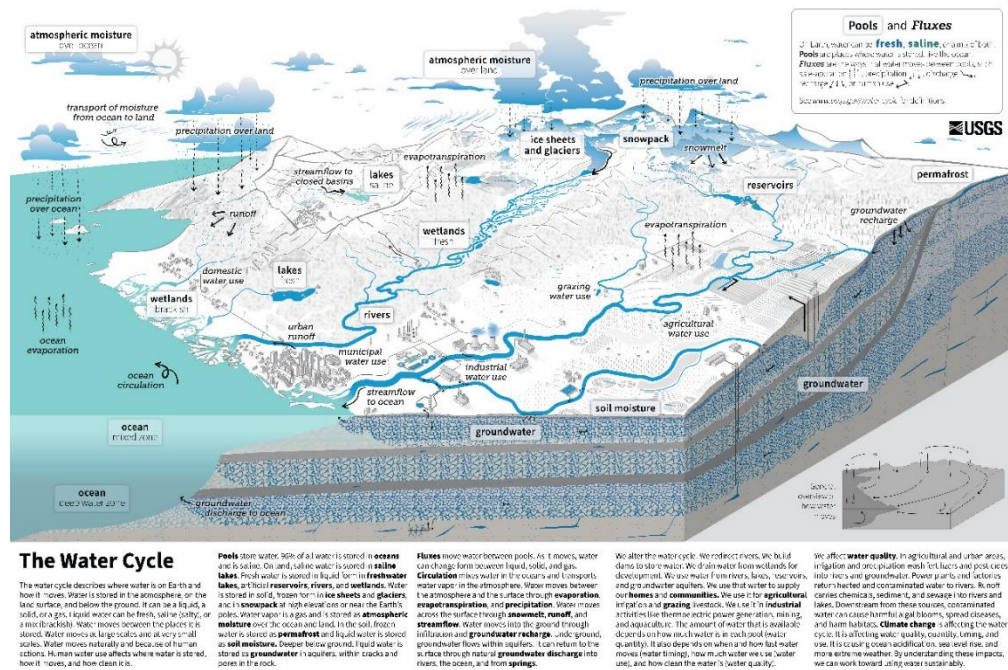


Figura 1 Ciclo del Agua

Fuente: (Unam)

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

3. Tipos de Escala de Estudios Hidrológicos

3.1. Oceanografía

La oceanografía es una ciencia multidisciplinar y dinámica que estudia todo lo relacionado con los océanos. Es un campo muy amplio que se puede agrupar en diferentes procesos en los océanos:

- Procesos químicos
- Procesos físicos
- Procesos geológicos
- Procesos biológicos

La oceanografía tiene una larga historia. Hay muchos mitos y leyendas sobre los océanos que sirvieron como punto de convergencia de este conocimiento. Los primeros relatos escritos de los océanos provienen de la antigua Grecia en la época de Aristóteles y la Ilíada y la Odisea. Antes de esa época, ya era necesario un cierto conocimiento de la dinámica de los océanos, porque el uso de barcos era necesario durante las guerras.

Posteriormente, fue necesario un enfoque más preciso cuando los navegantes en las exploraciones y descubrimientos oceánicos del siglo XV requerían un conocimiento profundo de los mares y océanos antes de adentrarse en ellos.

Hoy contamos con un método científico que utiliza la sistematización para obtener información verdadera, válida, repetible y medible. (Que es y que estudia la oceanografía , 2020)



Figura 2 Oceanografía

Fuente: (Iniciativa científica del milenio)

3.1.1. Oceanografía Geológica:

La rama de la oceanografía que estudia el origen de los océanos de los movimientos geológicos. También estudia la tectónica de placas y la actividad de deslizamientos de tierra. A partir de la geología marina es posible conocer cómo se formaron las costas, los taludes continentales, los volcanes marinos y otras estructuras similares. Comprender estos mecanismos a través de modelos ayuda a la investigación..

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

Esta rama también estudia eras geológicas y organismos que vivieron hace millones de años, lo cual es importante para una mejor comprensión de los procesos que tuvieron lugar en la Tierra y el surgimiento de los fenómenos actuales.

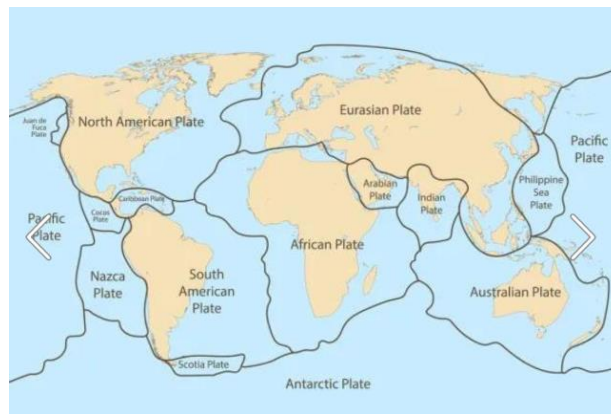


Figura 3 Oceanografía Geológica

Fuente: (Que es y que estudia la oceanografía , 2020)

3.1.2. Oceanografía química

“Esta rama estudia la composición y propiedades químicas del agua del océano y los ciclos químicos que forman parte de la dinámica. Finalmente, se explican los recursos químicos disponibles en el mar y sus aplicaciones en diversas industrias”.



Figura 4 Oceanografía Química

Fuente: (FCM, 2016)

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

3.1.3. Oceanografía Física

El propósito de esta rama es comprender las propiedades físicas del agua de mar y los problemas que se derivan de ellas. Analizar el movimiento de partículas líquidas en el océano. También es responsable de cómo el mar interactúa con la atmósfera y el fondo marino. Un ejemplo de ello es el estudio de las mareas provocadas por la influencia de la Luna.

Se estudian, entre otras cosas, las propiedades físicas del océano:

- Temperatura
- Densidad
- Presión
- Energía absorbida
- Punto de ebullición
- Transparencia
- Circulación: Esta es una de las propiedades físicas más importantes debido a todo lo demás.

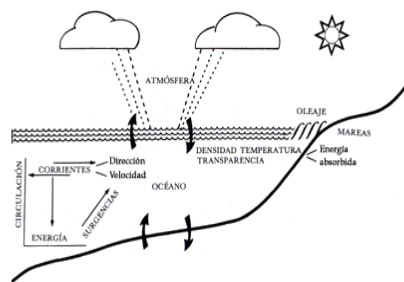


Figura 5 Oceanografía Física

Fuente: (BibliotecaDigital, 2020)

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

3.1.4. Oceanografía Biológica

La oceanografía biológica se ocupa de toda la vida en los océanos, que puede incluir microorganismos como algas, invertebrados, plantas e incluso mamíferos grandes.

El 90% de la biodiversidad se encuentra en los océanos, por lo que esta rama es muy importante para conocer los seres vivos. Este campo estudia tanto las especies como su ecología, que incluye las relaciones de los organismos con su entorno y ciclos de vida.

En la distribución del océano se pueden distinguir tres áreas verticales diferentes:

- Plancton: son organismos que viven en la superficie del agua. Son lo suficientemente pequeños para flotar y derivar en esta área. Obtenga más información sobre el plancton y su importancia en esta publicación de Ecología verde.
- Organismos bentónicos: organismos que viven en contacto con el fondo marino y tienen poca o ninguna capacidad de natación activa.
- Nekton: son organismos que pueden moverse en la columna de agua nadando activamente. (Cifuentes J, 1986)

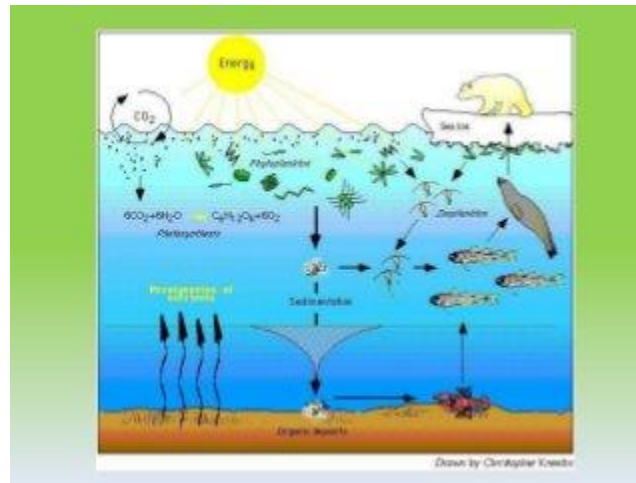


Figura 6 Oceanografía Biológica

Fuente: (Hinojosa, 2015)

3.2.Meteorología

El término meteorología se refiere a las condiciones atmosféricas en un momento y lugar determinado en términos de temperatura, precipitación y otros aspectos como las nubes. La meteorología es creada por varias fuerzas, algunas de las cuales son evidentes y otras no.

Las montañas y las ciudades igualmente alteran el clima. En las montañas, esto sucede porque el viento tiene que subir para pasarlas. Esto levanta el aire y hace que se enfríe. Produce nubes, lluvia o nieve.

Las ciudades, por otro lado, ocasionan "islas de calor" urbanas donde las carreteras, los estacionamientos y los techos son calentados por el sol. Esto no solo

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

aumenta la temperatura de la ciudad, y aparte altera el clima, provocando tormentas en algunas ciudades o cambiando la conducta de otras ciudades. (Momatiuk, 2011)

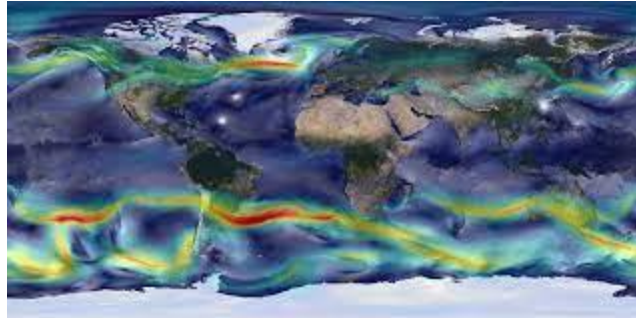


Figura 7 Meteorología

Fuente: (Metereologia y Climatologia , 2018)

3.3.Hidrometeorología

La hidrometeorología es una ciencia íntimamente relacionada con la meteorología, la hidrología y la climatología, que examina el ciclo del agua proporcionado por la naturaleza. Incluye el análisis de la atmósfera y las fases de la Tierra. El ciclo hidrológico incluye la observación, proceso y análisis del comportamiento del elemento agua, a partir de los vertidos a los ríos, las cantidades almacenadas en represas de índole natural o artificial y los factores metereológicos.

Los avances en esta ciencia contribuyen a la interpretación de los fenómenos hidrometeorológicos y al progreso de sistemas y herramientas hidrometeorológicos que se utilizan cada vez más en aplicaciones especiales de investigación, pronóstico,

**ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS**

modelado, prevención y alerta temprana, control de inundaciones y monitoreo y gestión de embalses. (Hidrometeorología, 2020)

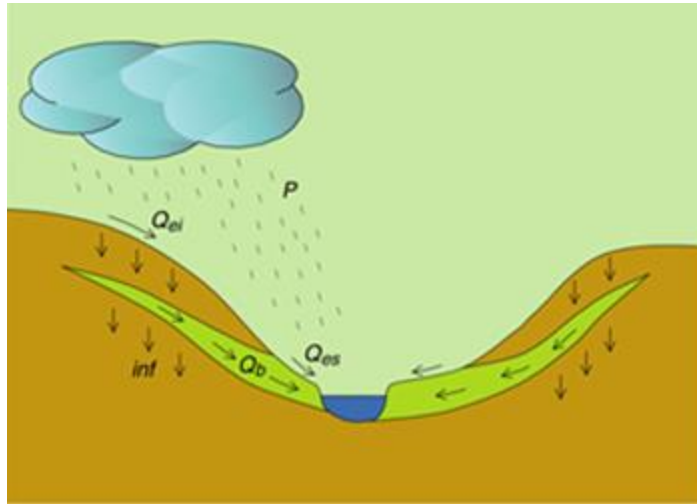


Figura 8 Esquema de una Vertiente

Fuente: (Hidrometeorología, 2020)

3.4.Hidrología superficial

Estudio de los caudales de agua que riegan el suelo y su conservación en reservas naturales (lagos, lagunas, pantanos).

3.4.1. Hidrología Agrícola

La hidrología agrícola estudia los elementos que componen el equilibrio hídrico del suelo y la gestión del agua, especialmente en riego y drenaje subterráneo. El tema de la hidrología agrícola es el uso de los recursos hídricos en las zonas rurales

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

El enfoque propuesto es una intervención dentro de la situación productiva sostenible del sistema suelo-agua-planta.

El ciclo del agua comprende cuatro fases: almacenamiento, evaporación, precipitación y drenaje. Donde esta materia prima se acumula en océanos, lagos, ríos, arroyos y bajo tierra. La evaporación, incluso la transpiración de animales y plantas, convierte el agua líquida en vapor que asciende a la atmósfera.

La lluvia ocurre una vez que el agua en la atmósfera se condensa bajo la influencia de la temperatura y cae al suelo en forma de lluvia, granizo o nieve. El agua de escorrentía incluye el agua que proviene de ríos, arroyos y aguas subterráneas. (Hidrología agrícola , 2014)



Figura 9 Hidrología Agrícola

Fuente: (Ureña, 2019)

3.4.2. Hidrología Forestal

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

La Hidrología Forestal siempre ha estado interesada en proteger a nuestra sociedad. Por un lado, a través de la restauración de embalses, agua potable y cursos de agua, gestión de acantilados, aludes, dunas voladoras, protección y conservación de suelos, y renovación de masas forestales y bosques.

Su finalidad es proteger a las poblaciones, la infraestructura, regular el sistema hidrológico de la región, detener los procesos de erosión y restaurar los bosques y suelos fértiles perdidos en nuestra región a causa de la desertificación y las fuertes lluvias. Hoy, la Hidrología Forestal continúa sirviendo a nuestra sociedad al analizar el papel de nuestros bosques en relación con el agua y los recursos hídricos, el control de inundaciones, la calidad del agua y del suelo, el hábitat y el paisaje, creando recursos naturales utilizables. Trabaja a propósito para mantener un ambiente natural sano y equilibrado que pueda suplir los requisitos de los usuarios de la piscina, ya sean humanos o de la naturaleza. (Bolaño, 2020)

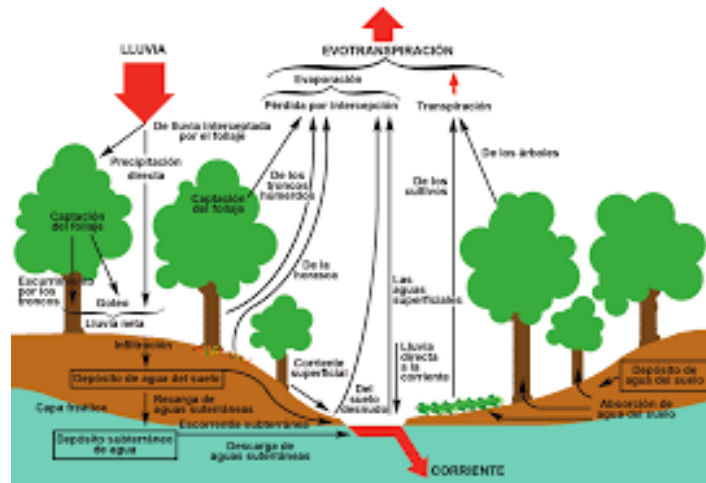


Figura 10 Hidrología Forestal

Fuente: (Hidrología Forestal , 2017)

3.4.3. Hidrología Urbana

La hidrología urbana se ocupa de puntos particulares relacionados con el ciclo hidrológico de las zonas urbanas e industriales. Esto incluye todas las masas de agua naturales, así como el agua de lluvia, las aguas subterráneas, los ríos y los lagos. También comprende la infraestructura y las estructuras y sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado de la ciudad. Los sistemas y sensores OTT Hydromet proporcionan información, p. para la gestión de tareas relacionadas con el agua en áreas urbanas:

- Obtener y transmitir datos de precipitaciones y escorrentías a la red de alcantarillado y organizar el almacenamiento de agua de lluvia.
- Monitoreo remoto de la infraestructura de distribución de agua para descubrir dificultades en la red de agua para prevenir y resolver la escasez

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

de suministro de agua o los altos costos debido a daños en la tubería de agua

- Monitoreo de la calidad del agua
- Medición del nivel del agua y transferencia de datos de control remoto en aguas superficiales y subterráneas (Igemex , 2020)

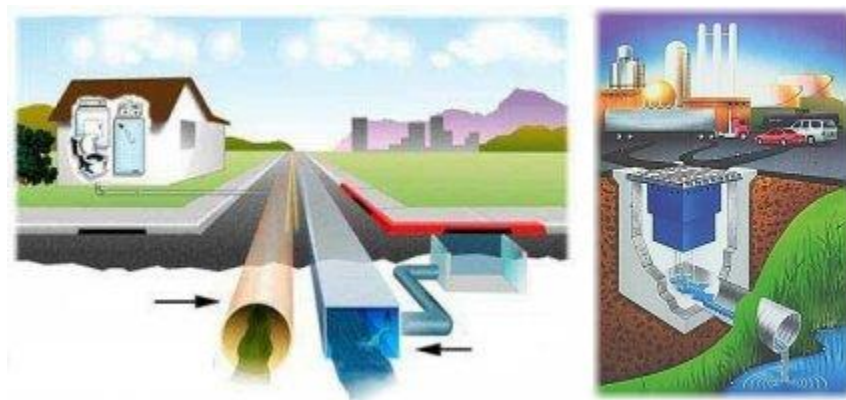


Figura 11 Hidrología Urbana

Fuente: (Hidrología Urbana: Manejo de Excesos Pluviales en Areas Urbanas. Medidas Estructurales y No-Estructurales, 2021)

3.4.4. Hidrología de Regiones áridas y Semiáridas

Haciendo semejanza a las zonas áridas y semiáridas del planeta, sin duda se la denomina como una de las regiones donde no hay suficiente agua para satisfacer diversas obligaciones. No obstante, estas áreas tienen particularidades ecosistémicas que las distinguen claramente de otras.

El factor característico de estas áreas es la escasez de recursos hídricos, los cuales se encuentran irregularmente separados entre sí, en cantidades pequeñas o muy pequeñas

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

y con importantes rugosidades, formando una imagen difícil de predecir. Asimismo, la población asociada a estas regiones y las causas resultantes provocan enormes e intensas disconformidades entre personas, comunidades y países, considerando la importancia del agua y las estrategias de crecimiento económico en estas regiones. (Tapia, 1999)

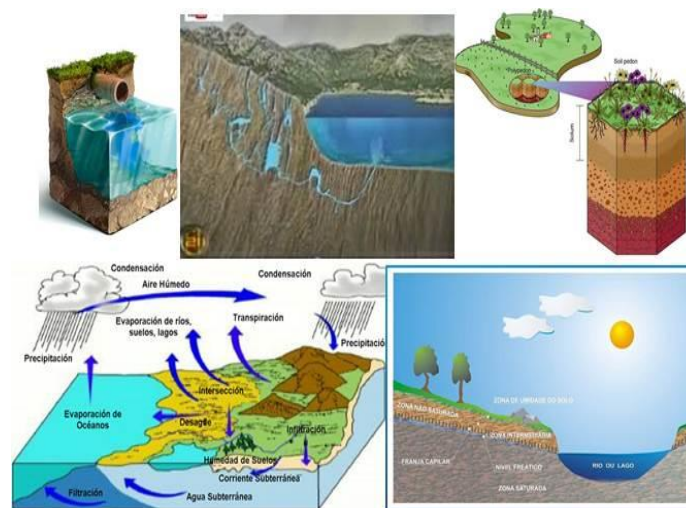


Figura 12 Zonas áridas y semiáridas, ciclos

Fuente: (Tapia, 1999)

3.4.5. Hidrología en Zonas Pantanosas

Estudia formaciones continentales que suelen estar saturadas de agua y cubiertas de una vegetación muy densa. Se caracteriza por la formación de turba, cuya capa superficial es de 30 centímetros.



Figura 13 Zonas Pantanosas

Fuentes: (Taquino, 2017)

3.4.6. Hidrología en Avenidas o Crecientes

También conocido como inundación de ríos o arroyos. Esta es una altura significativa en el cuerpo de agua. Durante este tiempo, la corriente se mueve en una cantidad de agua que, debido a la sección del cauce del río, se hace insuficiente para contenerla. (Perez, 2014)

Los principales motivos que las provocan son: (Soto, 2020)

- **Cauces Máximos por Precipitación Líquida:** Son los más comunes y se producen principalmente por tormentas excepcionales por su intensidad, duración, extensión y recurrencia.
- **Cauces máximos causados por precipitación sólida:** Son los causados por el deshielo y la deposición y fusión del hielo.

- Crecida mixta mayor por otras causas: Son causadas por los efectos simultáneos de las crecidas descritas anteriormente y principalmente por la falla de presas naturales y artificiales y el mal funcionamiento de las compuertas de las balsas.
-

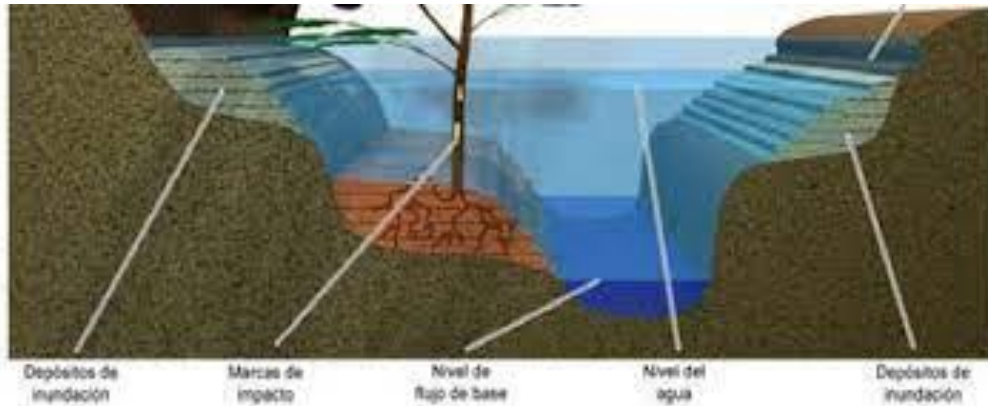


Figura 14 Riesgos asociados a las avenidas

Fuente: (Luis, 2020)

3.5. Estudio de lagos

“La limnología la ciencia que estudia los ecosistemas acuáticos continentales en todos sus aspectos, incluyendo lagos, lagunas, ríos, pantanos y estuarios, excluyendo los no continentales: mares y océanos”. (Biología aplicada , 2020)

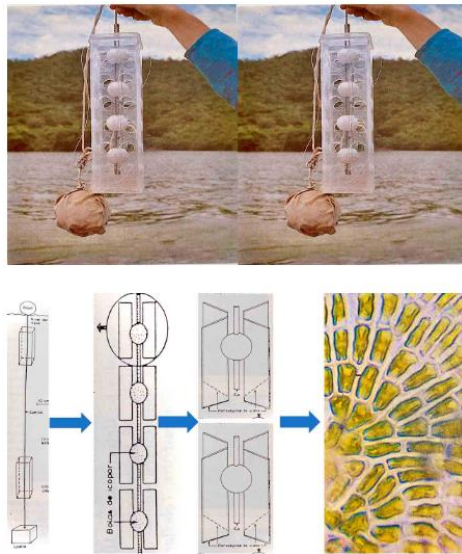


Figura 15 Limnología

Fuente: (Biología aplicada , 2020)

3.6. Potamología

“La potamología es la ciencia que estudia los ríos a partir de la aplicación y combinación de varias disciplinas al comportamiento morfológico de los ríos, requiriendo el trabajo de distintas disciplinas ingenieriles especializadas en: hidrología, hidráulica. Geología, geomorfología, geotecnia, y sedimentología (Agua, 2013).

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

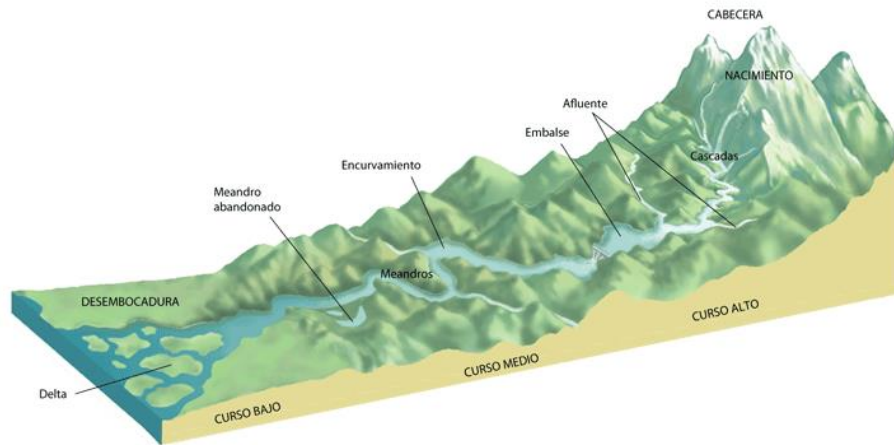


Figura 16 Tipos de cursos en la Potamología

Fuente: (Agua, 2013)

- Curso Alto: Por lo general, “este punto de los ríos concuerda con las cadenas montañosas de la cuenca dada”. “En esta parte, el potencial de erosión es mayor y los ríos generalmente forman valles en forma de V paralelos a la topografía, aunque hay excepciones”.
- Curso medio: En general, la zona por el cual el río diverge y coloca algo de su sedimento tienden a alternarse en el curso medio de un río, principalmente debido a los cambios de pendiente y sus efectos sobre el caudal y sedimento del río. afluentes La sección transversal del río a lo largo del curso medio suele aplanarse y adquiere la forma de cuenca transversal en forma de V que prevalece en los tramos superiores.

- Bajo en curso: “Aquí el río corre en áreas. Esta es el punto donde el río fluye en áreas casi planas en las cuales generalmente serpentea: haciendo curvas regulares donde se pueden formar lagos en forma de herradura. Un río lleva consigo una gran cantidad de sedimentos a su paso, que pueden crear islas de sedimentos llamadas estuarios, y esto también puede hacer que el cauce se eleve por superando el nivel de la meseta, y es por esto que muchos ríos procuran correr a su lado porque no pueden recibir el fluir debido a la mayor elevación del río principal: estos son el tipo de ríos Yazoo (Agua, 2013).

3.7. Hidrogeología

“Conocida también como hidrología subterránea, es la ciencia que comienza y la formación de las aguas subterráneas y su manera de depósito, distribución, movimiento, sistema y reservas, su correlación con los suelos y rocas, su estado y propiedades; y las restricciones que determinan su uso, ordenamiento y medidas de evacuación. (Parra, 2019)

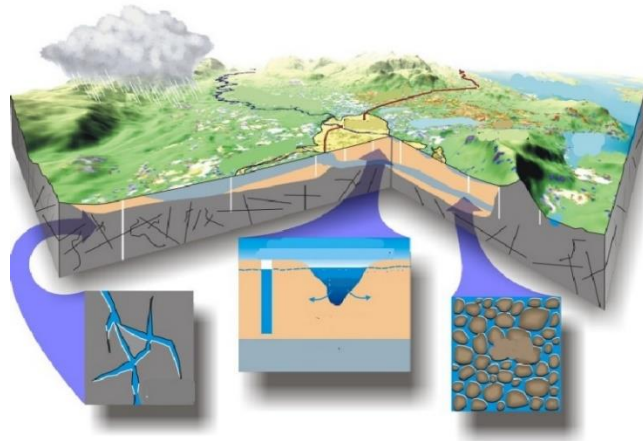


Figura 17 Fundamento Hidrogeológico

Fuente: (2018)

3.8. Criología

“La criología es la ciencia de la hidrología encargada del estudio de la interpretación de las masas de hielo y nieve. Esta ciencia estudia todos los fenómenos producto de las bajas temperaturas”. (¿Que es la hidrologia?, 2020)



Figura 18 Criología

Fuente: (Dallas)

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

4. La física existente detrás de las escalas hidrológicas

4.1. Ecuación Hipsométrica

Es una ecuación utilizada en la oceanografía y meteorología, relacionando el “cociente entre presiones atmosféricas y el grosor equivalente de una capa atmosférica, asumiendo la constante de temperatura y gravedad, derivándose de la ecuación hidrostática y de la ley de los gases ideales”.

$$h = z_2 - z_1 = \frac{RT}{g} \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

Ecuación 1 Ecuación Hipsométrica

Donde:

- h es el ancho atmosférico de capa dado en “m”
- z es la altitud dado en m
- g es la aceleración gravitacional estándar dada en $\frac{m}{s^2}$
- R es la invariable del gas específicos, tomando un valor de 287.06 J/(Kg/K)
- T es capa dada en K
- p es la presión dada en Pa

La derivación de la ecuación es dada a través de la ecuación hidrostática

$$p = \rho * g * z$$

Ecuación 2 Hidrostática

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

“Donde ρ es la densidad dada en Kg/m^3 , utilizada para que se genere equilibrio hidrostático, expresada en forma diferencial”

$$dp = -\rho * g * dz$$

Ecuación 3 Diferencial de equilibrio hidrostático

Combinación gas ideal

$$p = \rho * R * T$$

Ecuación 4 Ley del gas ideal

$$\frac{dp}{p} = \frac{-g}{R * T} dz$$

Ecuación 5 Constante de los gases dividida por la masa molar

Integrando z_1 y z_2

$$\int_{p(z_1)}^{p(z_2)} dp/p = \int_{z_1}^{z_2} \frac{-g}{R * T} dz$$

Ecuación 6 Integración

$$\int_{p(z_1)}^{p(z_2)} dp/p = \frac{-g}{R * T} \int_{z_1}^{z_2} dz$$

Ecuación 7 Atmosfera estándar internacional

Al integrar se obtiene:

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

$$\ln\left(\frac{p(z1)}{p(z2)}\right) = -\frac{g}{R * T}(z2 - z1)$$

$$\ln\left(\frac{p1}{p2}\right) = \frac{g}{R * T}(z2 - z1)$$

$$z2 - z1 = \frac{R * T}{g} \ln\left(\frac{p1}{p2}\right)$$

$$\frac{p1}{p2} = e^{\frac{g}{R * T}(z2 - z1)}$$

Ecuación 8 Eliminación logaritmo neperiano

4.2. La oceanografía sumergida en la física

“Las matemáticas, junto con otras ciencias que son exactas, la química, la física, es utilizada para que se optimicen tiempo, recurso, entre otras, formando el campo de lo que hoy conocemos como ingeniería”. El ingeniero desempeña diferentes roles en los cuales se vinculan las ciencias marinas, comenzando por la disuasión de objetos de construcción a la costa.

Un oceanógrafo físico es el que se encarga de poder analizar las características hidrológicas y de costa para preparar planes de ejecución para obras como las que ayudan a preservarlas, como el dragado y la protección, que son muros de piedra colocados perpendiculares al mar o en ángulo con la costa para evitar la erosión.

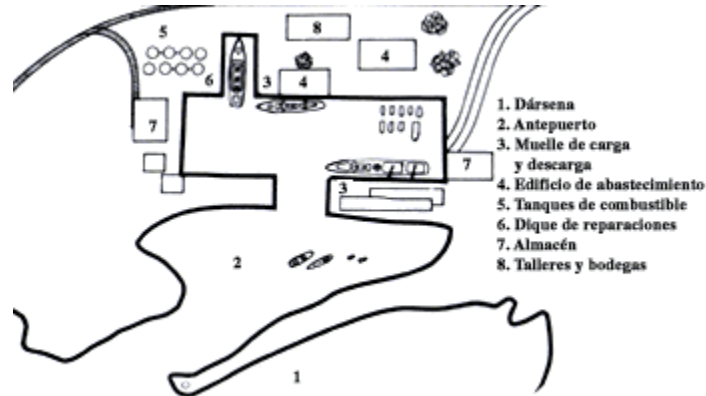


Figura 19 Instalaciones de un puerto

Fuente: Fuente especificada no válida.

4.3. La meteorología sumergida en la física

Modelizar la atmosfera es un proceso que se ha llevado desde los años veinte hasta hace poco, por medio de una simulación con ordenadores, para el curso del mismo se realiza una de las primeras predicciones climáticas por “Charney”.

4.3.1. Componentes de un modelo meteorológico

- **Asimilación de datos:** es posible evaluar el estado de la atmosfera por momentos que se dan por medio de la observación que se distribuye en sistemas de firma global o por medio de la telecomunicación o de otra forma.

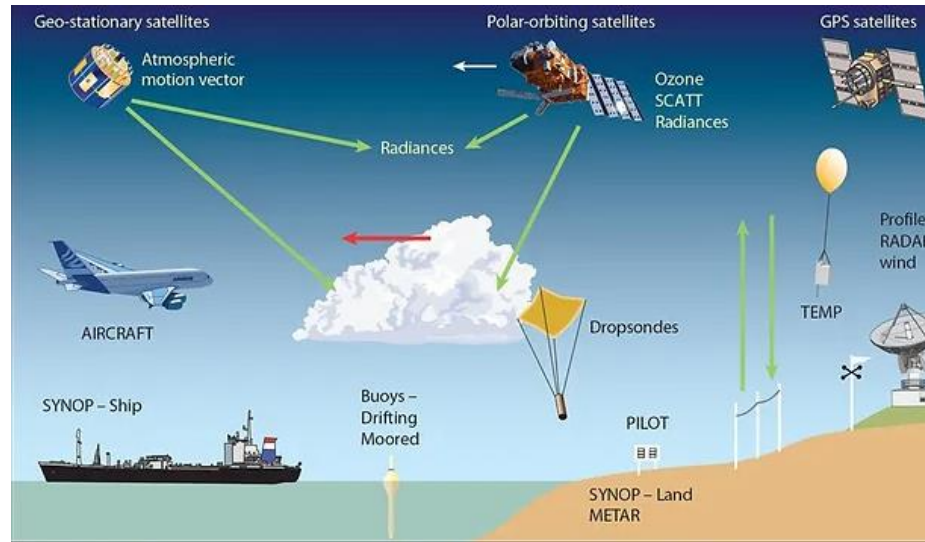


Figura 20 Red de observaciones usadas

Fuente: Fuente especificada no válida.

- **Dinámica:** trata de aproximar efectivamente (en términos de velocidad de cálculo) las ecuaciones atmosféricas. Describe los procesos que están claramente representados en soluciones de modelamiento.
- **La física y sus parámetros:** Estima el efecto del proceso que se da por medio físico, los cuales ocurren a pequeñas escalas claramente expresadas por la forma en el que el modelo lleva su dinámica. “Donde se busca representar los efectos de manera global que son producto de los procesos individuales, resueltos por las variables de los modelos a los que se llaman parámetros de la física”.

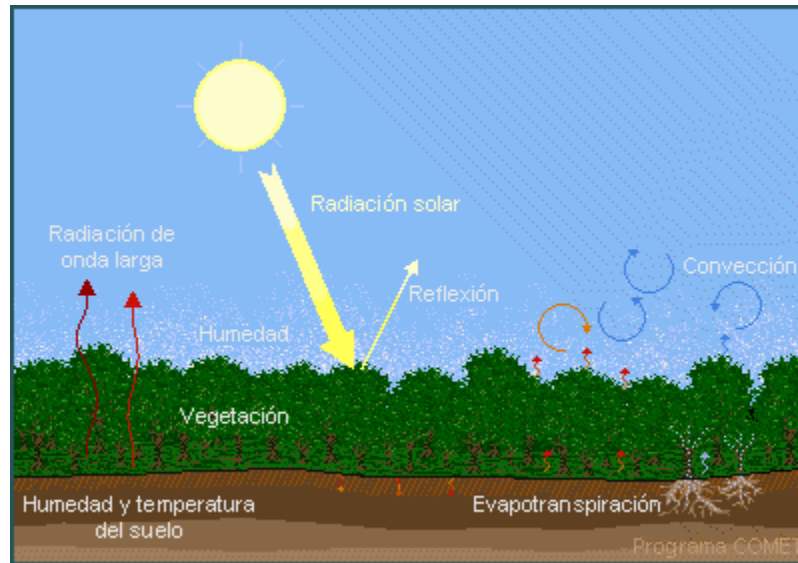


Figura 21 Física que ocurre en el suelo

Fuente:

- **Pos procesado:** Muchas variables interesantes se calculan a partir de las variables de pronóstico del modelo que describe el clima.

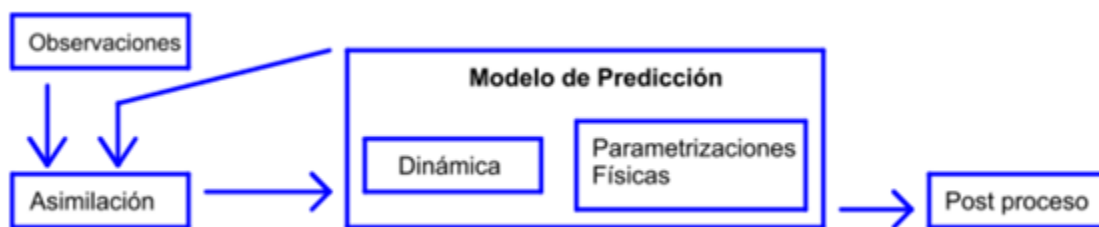


Figura 22 Composición de modelos atmosféricos

Fuente: Fuente especificada no válida.

4.3.2. Modelamiento y ecuaciones

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

“Descritas las ecuaciones que se dan en el flujo atmosférico, se conocen desde el principio del siglo XX, particular, son utilizadas las leyes que estableció Newton, ecuaciones de la termodinámica, ecuaciones de continuidad, y las leyes de los gases”. Asumen que existen un tipo de equilibrarían en este medio, suponiendo que se aplica a un sistema global & sinóptico, así como algunos fenómenos de la meso escala.

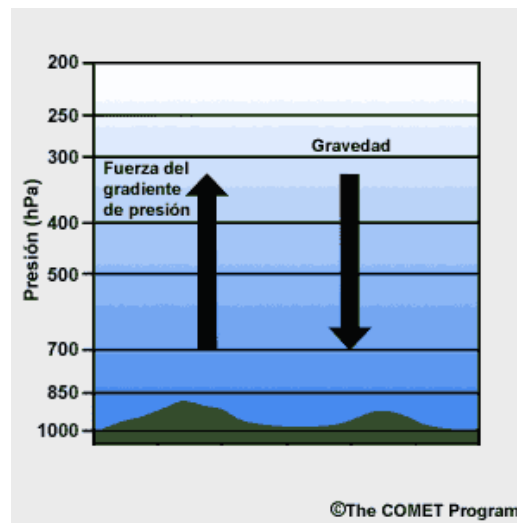


Figura 23 Esquema de equilibrio hidrostático

“Los procesos no hidrostáticos y sus efectos son importantes cuando la longitud de un objeto se iguala a su altura, dado que está en algunos fenómenos que se dan en la atmosfera se limitan por la troposfera”, para objetos de 10 km o menos. Posibles ejemplos de fenómenos meteorológicos importantes con importantes procesos no hidrostáticos son la confluencia de tormentas

4.4. Sistema Hidrológico Global

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

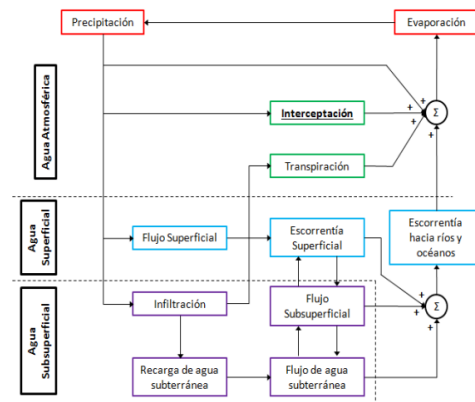


Figura 24 Diagrama de Bloque del sistema general de hidrología

Fuente:

- **Balanceo:** El balance neto incluye la parametrización de relacionados eventos con la hidrología cíclica, por diferentes medios de consumo de líquido en lugares de las cuencas y sus interrelaciones. zona. Se basa en la ley de conservación de la masa.

$$\Delta S = I - O$$

Ecuación 9 Ecuación balance hídrico

Donde:

- ΔS almacenamiento de cambio
- I entrada
- O salida por tiempo que se establece

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

4.4.1. Intercepción por coberturas vegetales

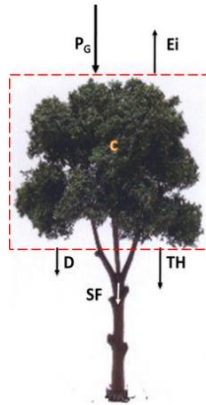


Figura 25 Balanceo de follaje arboles

Donde:

- P_G : Aceleración externa
- E_i : Agua retenida por follaje y rama-evaporar
- SF : Cortical de flujo
- TH : Flujo libre de translocación
- D : Goteo desde el follaje
- C : Agua almacenada en el follaje.

Para realizar un balance de eventos de precipitación se obtiene que:

$$C \approx P_G - (TH + D + SF) - E_i$$

Ecuación 10 Balance de masa para eventos de Precipitación

Su flujo es menor a un valor del 2% de la precipitación que se realiza del incidente, en la cual dependen todos los modelos de interceptación para lluvias y para que esta se pueda implementar se debe depender de variables de estado y de particularidades de cada uno.

4.5. Variables Hidrometeoro lógicas en el proceso de la interceptación

- **Precipitación Incidente (R):** Se mide manualmente con pluviómetros o pluviógrafos que registran la lluvia de forma automática. Tales son los pluviógrafos oscilantes, que registran la información grabada con un registro.
- **Potenciales de evaporación (E):** Proceso por el cual el líquido cambia a vapores debido a la diferencia de presión de vapor entre el agua en la superficie de la vía de evaporación y el agua en la atmósfera.

$$E_p = \frac{\Delta R_n + \rho c \delta_e / r_a}{\lambda(\Delta + \gamma)}$$

Ecuación 11 Ecuación de Penman Monteith

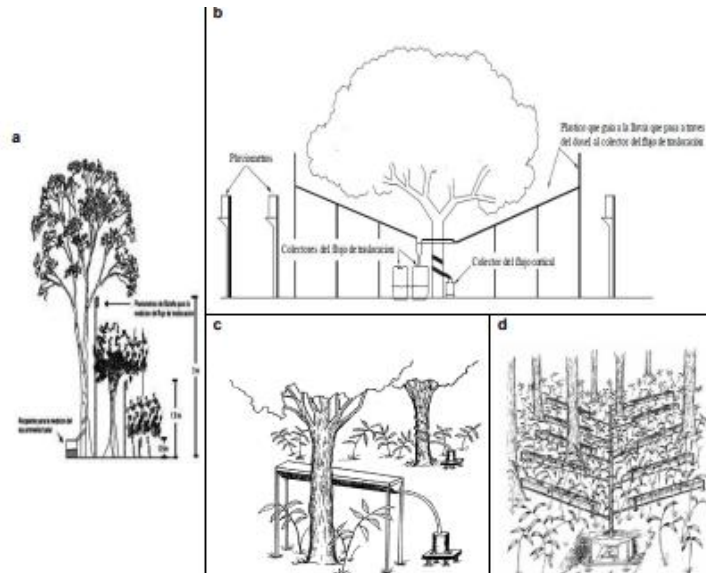


Figura 26 Técnicas de medición de los procesos de interceptación

Fuente: Fuente especificada no válida.

- a) Instalación en alturas distintas para una estructuración vegetal y medición del flujo.
- b) Plástico conectado a los tanques de almacenamiento
- c) y d) canal que se ubica debajo del follaje para traslocación

4.6. Hidrología Superficial

4.6.1. Cálculo de la Precipitación neta

$$P_n = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4P_o}$$

Ecuación 12 P. neta

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

Donde:

- P = precipitación total registrada
- P_n = Precipitación neta
- P_o = abstracción inicial

4.6.2. *Tiempo de Concentración*

Es definido para “el tiempo mínimo requerido con el fin de que todos los puntos de la superficie de la cuenca contribuyan de manera simultánea al caudal recibido en la salida”. **Fuente especificada no válida.**

$$t_c = 0.3 * \frac{L^{0.76}}{S^{0.39}}$$

Ecuación 13 Tiempo de concentración

Donde:

- t_c = tiempo de concentración en horas
- L = longitud del cauce en km
- S = pendiente media en m/m

$$t_c = 3.98 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Ecuación 14 Kirpich

$$t_c = 14.6 * A^{-0.3} * S^{-0.2}$$

Ecuación 15 Bransby Williams

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

4.6.3. Método Racional

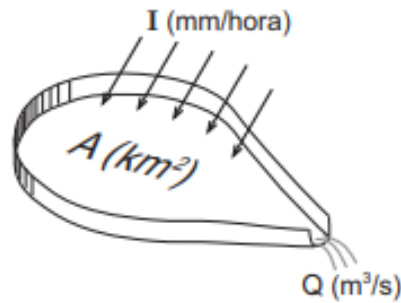


Figura 27 Evaluación caudal de precipitación

Fuente: Fuente especificada no válida.

Para este cálculo se suponen que la intensidad I es la intensidad de precipitación neta, generando una parte de la esorrentía, y se debe aplicar un coeficiente C , para ello tenemos:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Ecuación 16 Formula método racional

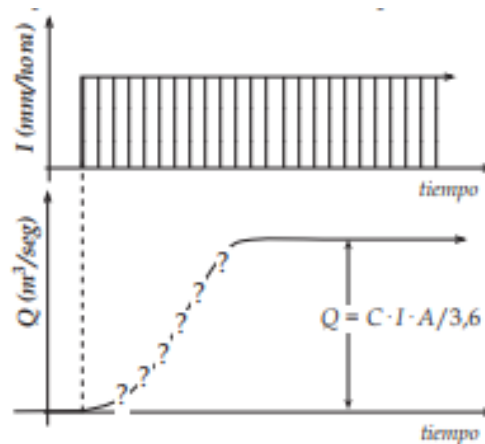


Figura 28 Suposición

4.7.Hidrología Superficial en la Ingeniería Civil

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

Una de las ramas de la ingeniería civil es la hidráulica, en el entendido de que son ellas quienes realizan las funciones de captación, control, regulación y protección del agua. Es obra o proyecto hidráulico toda obra de construcción cuyas dimensiones y propiedades estén determinadas primordialmente en base a criterios y normas hidráulicas e hidrológicas.

Por lo tanto, “en la ingeniería civil es esencial la hidrología en la planificación, diseño y proyección hidráulica, porque está orientada a parámetros del mismo, pero dado a que esta ciencia depende de rasgos meteorológicos y ambientales, debe de ser considerados como una estimación y debe de complementar factores con un método que le pueda ayudar a hallar la incertidumbre”.

Abastecer la zona urbana. “Uso que se asocia a la satisfacción de requerimientos del agua dados en demanda, para que se puedan consumir en los hogares, centros comerciales, industrias, una vez que se determine su valor, se deben realizar análisis de fuente que suministre”. Si análisis se da por medio de diferentes estudios.



Figura 29 Gestión de abastecimiento urbano

Fuente: Fuente especificada no válida.

- **Agricultura en el riego.** “Se aprovecha el agua para garantizar el abastecimiento de necesidades del suelo con el cual crecen las plantas que se emplean en la producción agrícola”. Estos se deben centrar en analizar las variaciones climáticas.



Figura 30 Riego Agrícola

Fuente: Fuente especificada no válida.

- **Electricidad por medio de fuente hídricas.** “Se recogen caudales provenientes de corrientes aguas arriba y sirve en los diferentes medios que generen energía eléctrica a través de transformaciones de energía hidráulica, por medio de la

ES _____
 ESCALAS

ingeniería civil”. Determinando la capacidad que tiene la misma para poder aprovisionar una buena cantidad de energía a través de estudios hidrológicos, por cuantificación de procesos y determinación de las condiciones de descarga .



Figura 31 Hidroelectricidad

Fuente: Fuente especificada no válida.

Otra forma de utilizar el agua es para trabajos de conservación, que pueden incluir:

- **Controlamiento de subidas de agua.** Realiza el análisis de las diferentes obras y acciones que se pueden encaminar para que se impidan daños, que ocasionen los diferentes cuerpos de agua.



Figura 32 Evacuador de crecidas

Fuente: Fuente especificada no válida.

- **Erosiones de control.** “Se fundamenta en obstruir la acción erosiva del agua, tanto en cauces como en el suelo”.



Figura 33 Control de erosión

Fuente: Fuente especificada no válida.

Con medidas esta ofrece métodos aplicados a las ingenierías que analizan las formas de flujo promedio y extremas (máximas) de los flujos de agua en áreas afectadas por obras viales, áreas que necesitan drenaje, cuerpos de aguas pluviales y áreas propensas a inundaciones adyacentes. al cauce del río.

Finalmente, los métodos hidrológicos pueden entenderse como la recolección y procesamiento de datos históricos, la programación y ejecución de operaciones de campo

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES ESCALAS

para topografía, batimetría, mediciones de fluidos y sólidos, y muestreo y análisis de sedimentos.

4.8. Gestión miento de embalses y limnología

Se ha centrado tradicionalmente en satisfacer cada uno de los usos que son de manera consecutiva o no, prestándose para la atención de las necesidades de proceso que afectan al estado representando en distintas formas, aunque estos son hechos por la humanidad, su adecuada gestión requiere que se recorra una conceptualización mucho después de esta. Es por ello que se puede definir a la limnología como “la parte ecológica, la cual se encarga de que se ocupe el estudio de las masas de agua, que aporte información muy interesante para la gestión de embalses”.



Figura 34 Aportaciones de la limnología

Fuente: Fuente especificada no válida.

4.9. Potamología

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

Después de las inundaciones catastróficas de 1927 y 1973, “cantidades de incidentes en las obras de construcción en la cuenca del Mississippi mostró la necesidad de una investigación multidisciplinaria”.

En la década de 90, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. aplicó sistemáticamente los principios de la potamología a los proyectos de construcción de ríos.

La potamología se introdujo en México en la década de 1990 a través del servicio de consultoría del Dr. Jean Jaques Peters en la Comisión Nacional del Agua, donde ingenieros de la Administración Asesora Técnica adquirieron conocimientos y un nuevo método de investigación en ingeniería fluvial para aplicarlo y promover el diseño. . de estructuras fluviales en México.



Figura 35 Potamología mx

Fuente: Fuente especificada no válida.

4.10. **Hidrogeología**

Un hidrogeólogo ambiental estudia los efectos potenciales de la actividad humana en las aguas subterráneas. Evaluar contaminantes puntuales o difusos que puedan ingresar

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

al agua directa o indirectamente, controlados o no controlados. Pero también tiene en cuenta el impacto que pueden tener diversas actividades humanas como la construcción, la minería, etc.

Por lo tanto, el trabajo de un hidrogeólogo implica estudios hidrogeológicos destinados a averiguar si existe una condición y cómo se produce. los efectos pueden ser mejorados o mitigados. En general, se trata de trabajos por encargo de la iniciación de sus actividades. Según el apartado de Dominio Público Hidráulico (RDPH) del Reglamento RD 606/2003, la Junta Hidráulica exige un estudio hidrogeológico previo en la cláusula 257 para prevenir el impacto de sustancias o actividades peligrosas en las aguas subterráneas, permitir su colocación o retirar cosas de peligro.



Figura 36 Hidrogeólogo

Fuente: Fuente especificada no válida.

4.11. Método Numero de Curva

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

Parámetro hidrológico, el cual permite que se caractericen los potenciales de escorrentías por cuencas hidrográficas, determinando las características físicas de cada territorio.

“En los años 50, el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS) desarrolló un método para estimar la escorrentía directa generada por un evento de lluvia con el siguiente modelo empírico”.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Ecuación 17 Función de la lámina de lluvia

Para poder calcular el valor de la curva, se debe relacionar el potencial de máxima retención por medio de (Angel Diaz, 2017):

$$NC = \frac{25.400}{S + 254} \quad (S \text{ en milímetros})$$

Ecuación 18 Numero de Curva

4.12. SCS-Método

“Se recomienda este método para evaluar los gastos máximos en cuencas rurales y urbanas, así como la forma del hidrograma correspondiente, es el desarrollado por el Soil Conservation Service de Estados Unidos” (SCS, 1986).

El potencial máximo de retención de agua es función de la curva número y se calcula como:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Ecuación 19 Potencial de retención

4.12.1. Gasto maximo

“Se propone que se tenga el uso de un hidrograma de forma triangular que se asemeja a una curva de hidrograma adimensional derivado a partir de muchos hidrogramas calculados.” Estima el valor del caudal máximo, su tiempo base y máximo, definiendo la forma que este va a tomar. (SCS, 1986):

$$qp = \frac{0.75Q}{T_p} = \frac{1.112Q}{T_c}$$

Ecuación 20 Estimación de la forma

$$T_b = 2.67T_p = 1.8T_c$$

Ecuación 21 Tiempo base

$$T_p = 0.67T_c$$

Ecuación 22 Tiempo al máximo

Autor	Expresión	Observaciones
Kirpich (1940)	$T=0.0195*L^{0.77}/S^{0.385}$	SCS áreas rurales
California Culverts Practice (1942)	$T=56.867*(L^3/H)^{0.385}$	Cuencas de montaña
Izzard (1946)	$T=525.28*(0.0000276i+c)*L^{0.33}/(i^{0.667}S^{0.333})$	Experimentos de laboratorio
Federal Aviation Agency (1970)	$T=3.26*(1.1-C)*L^{0.5}/S^{0.33}$	Aeropuertos
Morgali y Linsley (1965)	$T=7*L^{0.6}*n^{0.6}/(i^{0.4}*S^{0.3})$	Flujo superficial
SCS(1975)	$T=258.7*L^{0.8}*((1000/CN)-9)^{0.7}/1900*S^{0.5}$	Cuencas rurales

Tabla 1 Tiempos de concentración

Fuente: (SCS, 1986)

Cobertura superficie	% imp	Grupo de suelo			
		A	B	C	D
Desarrollado :					
Prados y parques					
pasto < 50%		68	79	86	89
pasto 50%-75%		49	69	79	84
pasto > 75%		39	61	74	80
Areas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Distritos urbanos:					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial:					
sitios 500 m ² o menor	65	77	85	90	92
sitios 1000 m ²	38	61	75	83	87
sitios 2000 m ²	25	54	70	80	85
sitios 5000 m ²	20	51	68	79	84
sitios 10000 m ²	12	46	65	77	82
Areas en desarrollo:					
Areas nuevas poca vegetación		77	86	91	94

Tabla 2 Valores de curva para áreas urbanas

Fuente: (SCS, 1986)

5. Modelos de las Escalas Hidrográficas

5.1.Relación Escala Hidrográficas con cada Modelo

1) Oceanografía

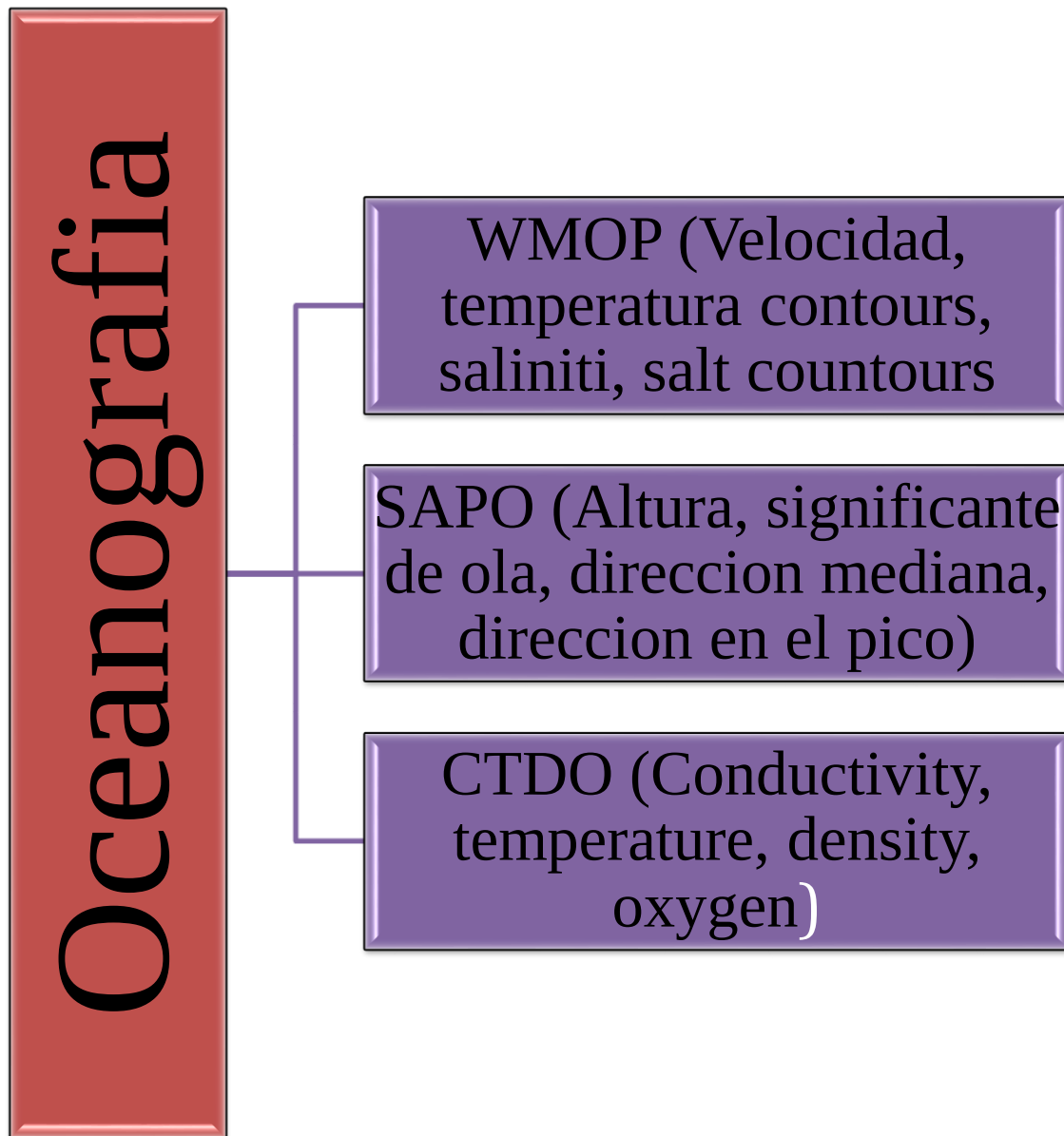


Figura 37 Diagrama Oceanografía

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

2) Meteorología

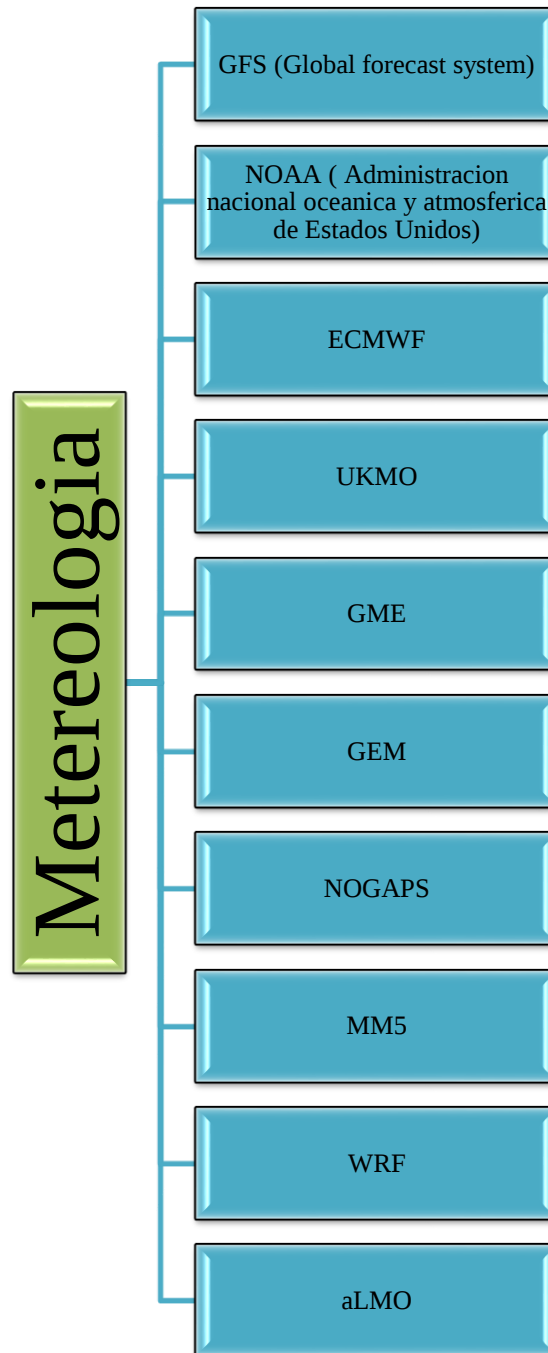


Figura 38 Diagrama Meteorología

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

3) Hidrometereológica

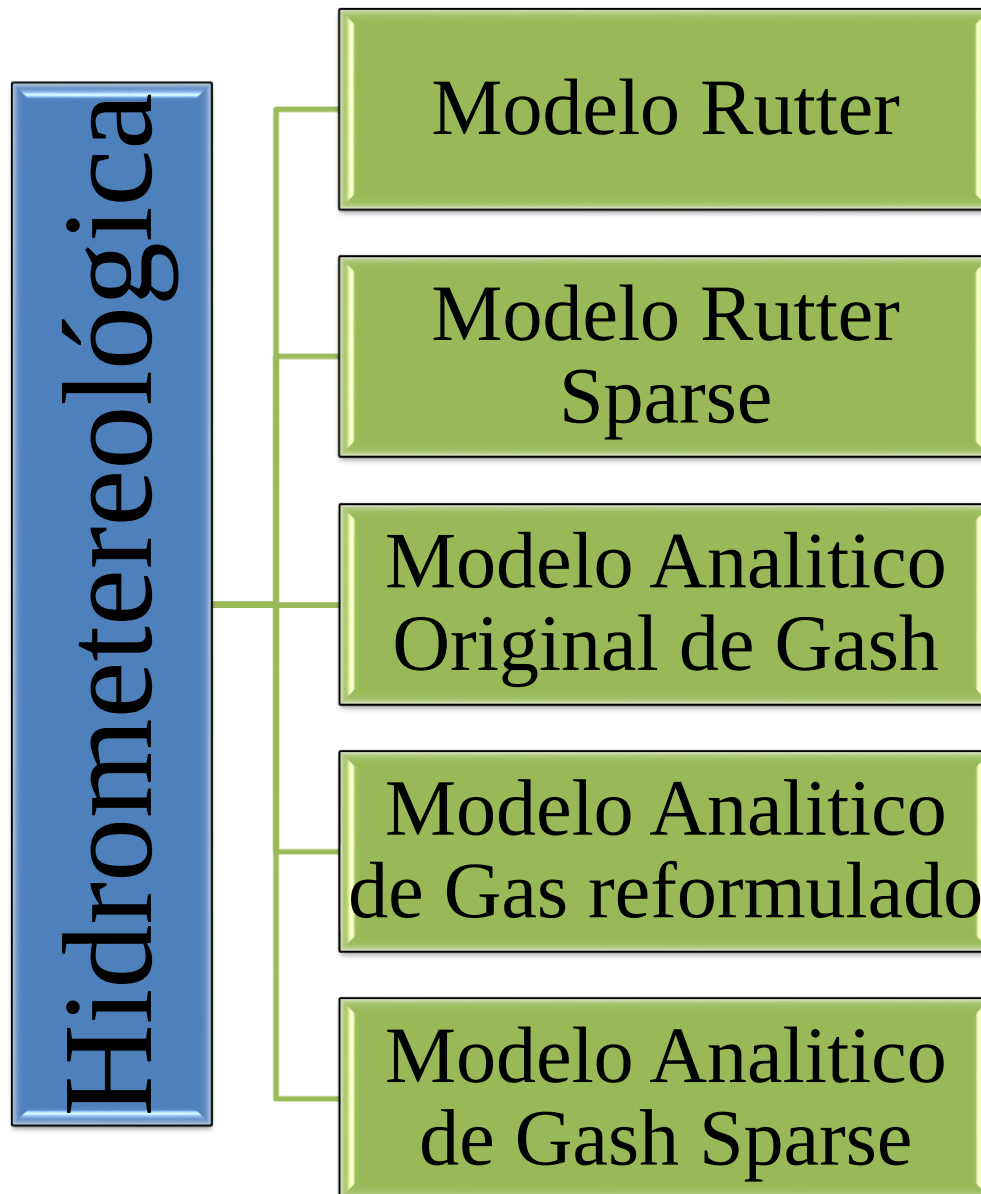


Figura 39 Diagrama Hidrometereológica

Fuente: Elaboración Propia

4) Hidrología Superficial

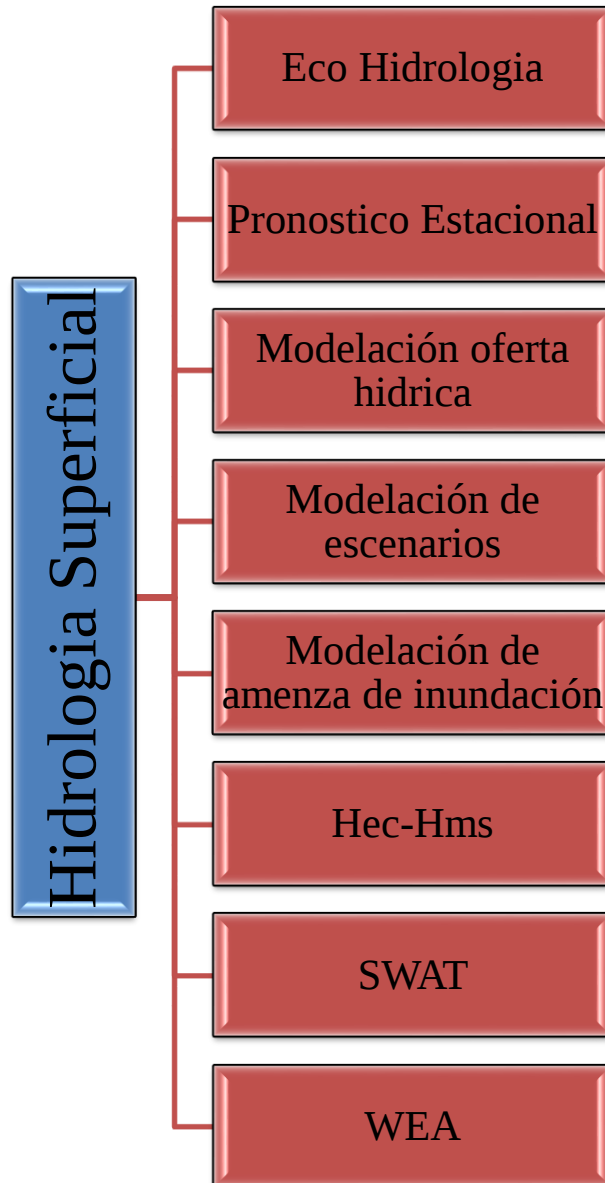


Figura 40 Diagrama Hidrología Superficial

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

5) Limnología

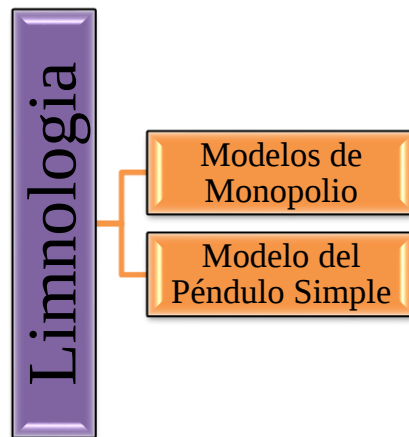


Figura 41 Diagrama Limnología

Fuente: Elaboración Propia

6) Potamología

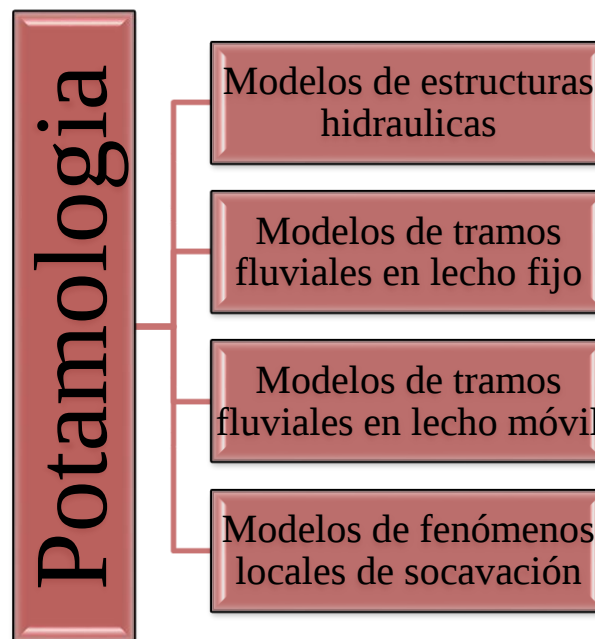


Figura 42 Diagrama Potamología

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

7) Hidrogeología

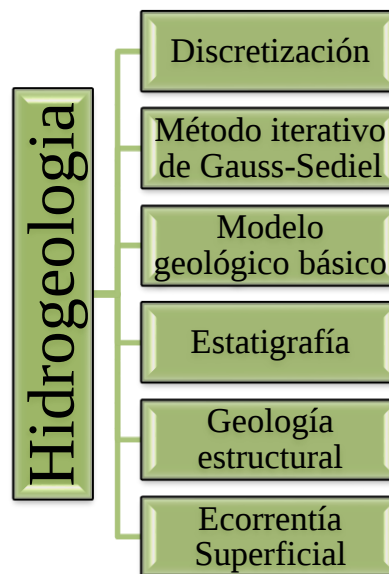


Figura 43 Diagrama Hidrogeología

Fuente: Elaboración Propia

8) Criología

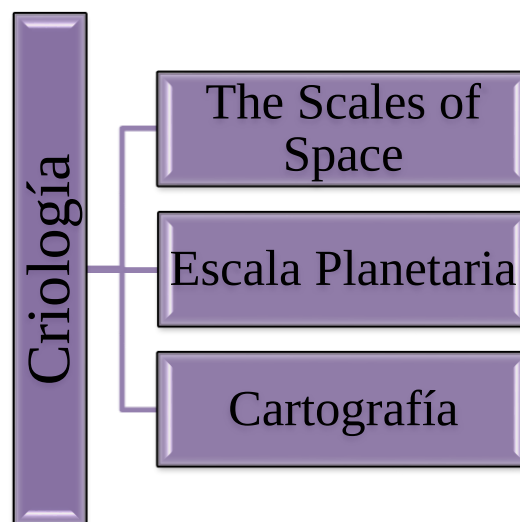
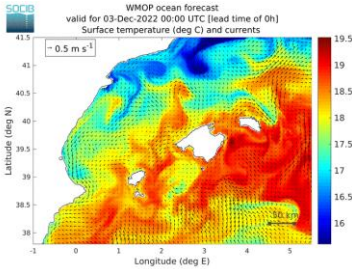


Figura 44 Diagrama Criología

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

5.2. Descripción de los Modelos de las Escalas Hidrológicas

NOMBRE DE LA ESCALA	MODELOS
Oceanografía	WMOP (Velocidad, temperatura contours, temperatura, salinitu, salt contours): Modelo de predicción oceánica, es una herramienta de simulación la cual se encuentra basa en ecuaciones matemáticas y calculo numérico que se debe predecir, evaluar y entender para los océanos en sus diferentes dinámicas. Este es implementado en el Mediterráneo occidental, describiendo la circulación de las diferentes corrientes dadas por el mar, proporcionando una información hasta de 2 kilómetros, esto nos permite conocer la distribución de fitoplancton, dispersión de larvas, seguimiento de medusas, zonas de acumulación de plásticos, derivad de hidrocarburos o simplemente la trayectoria de un naufrago. Además de esto ayuda a generar predicciones diarias en la actualidad (System, 2015).  Figura 45 WMOP ocean forecast Fuente: (System, 2015)

	SAPO (Altura, significante de ola, dirección mediana, dirección en el pico): Contiene los datos que se obtiene mediante el estado del sistema, en punto situado, estos datos son indispensables para obtener por medio de un archivo la hora y los parámetros a los cuales corresponde por oleaje (Estadística dma , 2016).
	CTDO (conductivity, temperature, density, oxygen): Es una sonda multiparamétrica, la cual calcula, mide y almacena datos de conductividad, temperatura, presión, salinidad y densidad del agua, el cual admite tres secciones que le permiten un mejor análisis como el oxígeno disuelto, turbidez y fluorescencia (Innova Oceanografía litoral , 2017).
Meteorología	GFS (Global forecast system): Es un modelo de pronóstico del tiempo implementado en los centros nacionales para poder predecir el ambiente, aquí se generan docenas de datos que varían entre el suelo y la atmósfera, incluyendo las precipitaciones, humedad del suelo, vientos, temperaturas y la concentración del ozono en la atmósfera, aquí se combinan cuatro modelos que se separan entre, modelo oceánico, modelo de tierra, atmósfera, hielo marino y suelo (Information, 2022).
	“NOAA (Administración nacional oceánica y atmosférica de Estados Unidos)”: Se encarga de describir y predecir los cambios que se dan

	el medio ambiente por medio de la investigación que se desarrolla en los océanos, espacio, sol y atmosfera. Conserva y maneja los recursos costeros maniros también (Departaments, 2016).
	ECMWF: Modelo espectral, el cual se resuelve en el espacio espectral, tomando una resolución de “T213”, de manera que sus parámetros físicos resuelven una malla gaussiana de manera reducida, obteniendo resolución horizontal de “N160” (Rammb Cira , 2018).
	UKMO (United kingdom model): Es un modelo global, el cual se debe ejecutar cada 12 horas para que los mapas lleguen hasta en aproximadamente tres días, con intervalos de seis horas, tienen una resolución aproximada de 1.25°, se ejecuta dos veces al día utilizando datos de 0h y 12h (Meteolo Beta , 2016).
	GME (Modelo global alemán): Modelo operativo de predicción meteorológica en nivel global, a través del servicio alemán, utiliza una cuadrícula icosaédrica-hexagonal cuasi uniforme, evitando las desventajas de una técnica espectral, problemas de polo en las cuadrículas de la longitud y latitud, proporcionando estructuras de datos adecuados para una alta eficiencia en las computadoras (Hmong , 2019).
	GEM (Modelo canadiense de meteorología): Modelo el cual se basa en el algoritmo de una advección, ejecutándose en tres

	configuraciones, área limitada la cual es utilizada para poder refinar una mayor resolución de los pronósticos sobre el modelo regional, regional es la resolución de los 58 niveles verticales, cubriendo solo América del norte y se utiliza de manera corta, mas o menos entre unas 48 hrs, y por ultimo global el cual cubre al planeta tierra, se hacen pronósticos hasta de 10 días (Frwiki , 2016).
	NOGAPS (Modelo global oficina canadiense de meteorología): Define la mayor incerteza de la predicción y extiende la misma de manera más lejana, obteniendo radios de observaciones meteorológicas en la tierra (TempoLaracha , 2016).
	MM5 (Mesoscale model 5): Modelo numérico de predicción atmosférica, es una versión no hidrostática, comprensible, a manera regional, amplía la utilización de investigaciones científicas y aplicaciones meteorológicas (MM5 Modelo numerico de prediccion atmosferica , 2005).
	“WRF (Weather research and forecast model)”: Modelo de predicción numérica, el cual es diseñado para contribuir al desarrollo, es versátil, y utiliza simulaciones ideales y estudios de interacción océano atmosfera (Ica-Atmosfera , 2020).

	aLMO (Modelo alpino de meteoschweiz): Modelo de predicción numérico, el cual es diseñado para la contribución de la operación meteorológica (TempoLaracha , 2016).
Hidrometereológica	Modelo Rutter: Realiza el proceso de interpretación mediante el balance de agua, en donde entra la lluvia, se almacena y después hay una salida por la cual se drena o se evapora (Iwaponline, 2016).
	Modelo Rutter Sparse: Modificación del proceso de rutter (Iwaponline, 2016).
	Modelo Analítico Original de Gash: Trabaja de manera independiente para la evaporación de la lluvia posteriormente, efecto de tormentas pequeñas insuficientes para saturación del follaje, humedecer y evaporar los troncos (1library , 2017).
	Modelo Analítico de Gash reformulado: Se requiere de una estimación, asimila una estructura cuasi-bidimensional en la superficie (1library , 2017).
	Modelo Analítico de Gash Sparse: Se presentan para tormentas que se encuentren sobrepasando la saturación del follaje (1library , 2017).
Hidrología Superficial	Eco hidrología: Interacción de la hidrología y la biota, reforzando los servicios de los ecosistemas en paisajes que se modifican en las cuencas, reduciendo los impactos antropogénicos (Claves para la gestion integrada , 2019).

	Pronostico estacional: Proceso que establece factores lineales, de tenencia estacional aislando los pronósticos más precisos (Pronosticos estacionales , 2015).
	Modelación oferta hídrica: Herramienta de conocimiento el cual permite que los sistemas hídricos por medio de la nación tomen decisiones sobre la gestión integral de los recursos ampliando su espectro (Ideam , 2018).
	Modelación de escenarios: Define y enfrenta de manera proactiva los riesgos que presentan las colas (Redalyc , 2017).
	Modelación amenaza de inundación: Permite la realización de modelamiento, simulaciones, generación de productos cartográficos entre otros para detectar las amenazas, riesgos y vulnerabilidades contra las inundaciones (Duarte, 2020).
	Hec-Hms: Modelo de lluvia y escorrentia, el cual se basa en la estructuración de subcuencas asociadas a los cauces de una red fluvial. Basado en hidrogramas mediante el filtro Eckhardt (SciELO , 2012).
	SWAT: De dominio público, aplicado a GIS, para el uso de cuencas, se complementa con la evaluación del suelo e agua (Gigahatri , 2016).

	WEA: Su área de estudio se encuentra dividido entre las subcuencas adyacentes y los datos climáticos, aplicándose de manera uniforme a cada una de ellas, dividida por el uso y cobertura del suelo (Cazalac , 2015).
Limnología	Modelo de Monopolio: Se producen bienes de manera variada, orientado a la fabricación (Visa , 2020).
	Modelo del Péndulo simple: Definido por medio de una partícula de masa suspendida o de un punto por medio de una longitud y de una masa que se desprecia, haciendo que este oscile (Sc Ehu , 2020).
Potamología	Modelos de estructuras hidráulicas: Construcción digital, por medio de como se distribuye el agua, reproduciendo el comportamiento de la misma, analizando pruebas y definiendo la solución (Bivica , 2020).
	Modelos de tramos fluviales en lecho fijo: Modelo físico inmejorable, mide la capacidad del puente y el arrastre de la escollera.
	Modelos de tramos fluviales en lecho móvil: Se caracteriza por la inestabilidad de la escollera por una erosión.
	Modelos de fenómenos locales de socavación: Fenómeno tridimensional de manera compleja que es producida por el encuentro del flujo del agua con los pilares (Idvia, 2020).

Hidrogeología	Discretización: Se transfieren funciones de manera continua, variables ecuaciones y modelos a contrapartes (Fisicotronica, 2019).
	Método iterativo de Gauss-Sediel: Es un proceso de aproximación sucesivo para la resolución de sistemas de ecuaciones lineales compatibles determinada (Ingenieria unam , 2019).
	Modelo geológico básico: Se representa de manera tridimensional o bidimensional en el volumen de la roca, se puede representar por la alteración geológica, litología y mineralización, por parte de la estimación de reservas de un depósito (Comisionminera, 2020).
	Estratigrafía: Estudia e interpreta, la secuencia vertical y horizontal de las rocas estratificadas, encargándose también de la cartografía y correlación de las unidades de roca (Sgm , 2017).
	Geología estructural: Estudia la corteza terrestre, estructuras y la relación con las rocas.
	Escorrentía Superficial: Precipitación de la superficie del terreno, ocurriendo por la acción de gravedad.
Criología	The scales of space: Medidas del espacio.
	Escala planetaria: Es el glosario mete reológica visual.
	Cartografía: Estudia y elabora mapas.

Tabla 3 Descripción Modelos Escalas Hidrológicas

Fuente: Elaboración Propia

ESTUDIOS HIDROLOGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERIA A DIFERENTES
ESCALAS

6. Conclusiones

La mayoría de sistemas que se presentan ante la naturaleza, se encuentran operando entre los rangos de escalas que son amplios según su sistema, para los procesos que se ejecutan de manera hidrológica se amplía demasiado su rango.

Estos procesos se llevan a cabo por medio de la compresión y la búsqueda del porque de la respuesta que se da de manera hidrológica, en algunas zonas, conociendo las escalas y su rango, al igual es útil para aquellas escalas de menor valor, estableciendo valores de los dominios y estimando la variabilidad.

Para ello se necesita la información necesaria para la realización de parámetros y que se generen mapas o distintos procesos que se lleva por el modelamiento de las escalas, generando mapas georreferenciales de manera digital, usando el suelo y la topología que se establece de cada uno.

Esto también se encuentra establecido por las diferentes ecuaciones, que le permiten un análisis estadístico y una mejor proyección en el modelamiento, enfocándose en las condiciones que se establecen y con los datos que se disponen.

7. Bibliografía

- ¿Que es la hidrologia? (2020). *Educacion Ambiental*.
- 1library . (2017). Obtenido de <https://1library.co/article/modelos-anal%C3%ADticos-de-interceptaci%C3%B3n-de-lluvia.yer0rk1q>
- (2018). *Tierra y Tecnologia* .
- Agua, B. d. (2013). *¿Que es potamologia?*
- Angel Diaz, T. M. (2017). Determinacion del Numero de curva en la subcuenca de Betanci . *Ingenieria y Desarrollo* .
- BibliotecaDigital. (2020). *Oceanografia Fisica* .
- Biologia aplicada* . (Diciembre de 2020). Obtenido de <https://www.biologiaaplicada.com/l/que-es-la-limnologia/>
- Bivica . (2020). Obtenido de https://www.bivica.org/files/ag_modelacion.pdf
- Bolaño, N. (2020). Hidrologia Forestal . *Academia* , 92.
- Cazalac . (2015). Obtenido de https://www.cazalac.org/mwar_lac/fileadmin/imagenes2/Training_Andean_Hydrology/AndeanHydrology_presentations/PDF_modelo_WEAP_JRamirez.pdf
- Cifuentes J, T. P. (1986). *El oceano y sus recursos IX: las ciencias del mar: oceanografia biologica*. Ciudad de Mexico : Fondo de cultura economica .
- Claves para la gestion integrada . (2019). *Scielo* .
- Comisionminera. (2020). Obtenido de <https://www.comisionminera.cl/documentacion/category/10-seminario-competencias-en-recursos-y-reservas-mineras-11-may-2009?download=304:modelos-geologicos-sophia-bascunan#:~:text=Consiste%20en%20la%20representaci%C3%B3n%20bidimensional,de%20reservas%20de%2>
- Concytec, W. C. (s.f.). *Hidrologia para estudiantes de Ingenieria Civil* . Peru .
- Dallas, M. (s.f.). *Criologia* . *Science Direct* .
- Departaments, I. o. (2016). *Usa gov* . Obtenido de <https://www.usa.gov/federal-agencies/national-oceanic-and-atmospheric-administration>
- Duarte, J. A. (2020). *Reoisitory* . Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28683>
- Estadistica dma* . (2016). Obtenido de <https://estadistica-dma.ulpgc.es/MEAV/analisisViento.html>
- FCM. (2016).
- Fisicotronica*. (2019). Obtenido de <http://fisicotronica.com/discretizacion-el-salto-cualitativo/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20discretizaci%C3%B3n%20es%20un,y%20ecuaciones%20a%20contrapartes%20discretas.>
- Frwiki* . (2016). Obtenido de https://es.frwiki.wiki/wiki/Centre_m%C3%A9t%C3%A9orologique_canadien

- Gigahatri* . (2016). Obtenido de <https://gidahatari.com/ih-es/conoce-qswat-el-modelo-hidrologico-swat-en-qgis#:~:text=SWAT%20es%20un%20modelo%20de,13%20de%20enero%20del%202016>.
- Hidrología Forestal . (2017). *Ecosistemas* .
- Hidrología Urbana: Manejo de Excesos Pluviales en Areas Urbanas. Medidas Estructurales y No-Estructurales. (2021). *Pre-Congreso* .
- Hidrometeorología, C. d. (2020). *¿Que es la Hidrometeorología?*
- Hinojosa, I. (2015). *Oceanografía Biológica* .
- Hidrología agrícola . (2014). *La divisa del nuevo milenio*, 27-32.
- Hmong* . (2019). Obtenido de https://hmong.es/wiki/GME_of_Deutscher_Wetterdienst
- Ica-Atmosfera* . (2020). Obtenido de <http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/pronosticos/index.php/meteorologia/inf-wrf>
- Ideam* . (2018). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica#:~:text=La%20modelaci%C3%B3n%20hidrol%C3%B3gica%20se%20constituye,un%20amplio%20espectro%20de%20aplicaciones>.
- Ideam*. (2019). *Agua Subterránea* .
- Idvia*. (2020). Obtenido de <https://www.idvia.es/la-socavacion-y-su-relacion-con-el-colapso-de-los-puentes>
- Igmex* . (2020). Obtenido de Hidrología Urbana : <http://www.igsmex.com/index.php/sistemas/medio-ambiente/hidrologia-urbana>
- Information, N. C. (2022). *Ncei. NOAA* . Obtenido de <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/global-forecast>
- Ingeniería unam* . (2019). Obtenido de https://www.ingenieria.unam.mx/pinilla/PE105117/pdfs/tema3/3-3_metodos_jacobi_gauss-seidel.pdf
- Iniciativa científica del milenio* . (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.iniciativamilenio.cl%2Finstituto-milenio-de-oceanografia-lanza-segunda-version-de-acuario-virtual-sumergete%2F&psig=AOvVaw2AXJUmTq5KMWG8R-PAwSdg&ust=1667243156502000&source=images&cd=vfe&ved=0CA4QjhqxqF>
- Innova Oceanografía litoral* . (2017). Obtenido de <https://www.oceanografialitoral.com/producto/ctd-std-modelo-sd208/>
- Iwaponline*. (2016). Obtenido de <https://iwaponline.com/IA/article-pdf/20/3/153/577667/ia20164713.pdf>
- Klemes, J. o. (Agosto de 1983). *ScienceDirect* . Obtenido de EL Sevier: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022169483902081>
- Luis, L. P. (2020). Riesgos asociados con las avenidas o crecientes . *RIUMA* .
- Meteolo Beta* . (2016). Obtenido de https://meteolo.com/europa/ukmo/ukmo-europa?request_locale=es
- Metereología y Climatología* . (2018).
- MM5 Modelo numerico de prediccion atmosferica* . (2005). Lessco 2 .

- Momatiuk, J. E. (2011). *Metereologia . National Geographic .*
- Parra, M. M. (2019). *El geologo y la Hidrogeologia .*
- Perez, L. (2014). *Percepcion sobre ciencia y tecnologia .*
- Pronosticos estacionales . (2015). *Monografias .*
- Que es y que estudia la oceanografia . (2020). *Metereologia en Red .*
- Rammb Cira . (2018). Obtenido de
<https://rammb.cira.colostate.edu/wmovl/vrl/tutorials/euromet/courses/spanish/nwp/n6b00/n6b00007.htm#:~:text=El%20modelo%20utilizado%20en%20el,con%20una%20resoluci%C3%B3n%20horizontal%20N160>).
- Redalyc . (2017). Obtenido de
<https://www.redalyc.org/journal/2235/223568255005/html/#:~:text=El%20proceso%20de%20modelaci%C3%B3n%20de,enfrentar%20la%20presa%20de%20colas>.
- Rivera, U. (2020). *Sutori*. Obtenido de <https://www.sutori.com/es/historia/historia-de-la-hidrologia--PEk6mqCLbxFXQH6BH53Xrpp4>
- Sc Ehu . (2020). Obtenido de
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/pendulo/pendulo.htm#:~:text=Un%20p%C3%A9ndulo%20simple%20se%20define,el%20p%C3%A9ndulo%20comienza%20a%20oscilar>.
- Scielo . (2012). Obtenido de
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000200002#:~:text=HEC%20DHMS%20es%20un%20modelo,mediante%20el%20filtro%20de%20Eckhardt.
- SCS. (1986).
- Sgm . (2017). Obtenido de
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Estratigrafia/Introduccion-estratigrafia.html#:~:text=La%20Estratigraf%C3%ADa%20es%20la%20rama,y%20el%20momento%20de%20los>
- Soto, A. (2020). *Maximas Avenidas, Hidrologia Superficial .*
- System, B. I. (2015). *Medlic .* Obtenido de <https://medcllic.es/es/model-wmop/>
- Tapia, R. P. (1999). Analisis de la gestion del agua en zonas aridas y semiaridas: una propuesta de actuacion. *Journal*, 23.
- Taquino, M. (2017). Pantanos. *Euc*.
- TempoLaracha . (2016). Obtenido de <https://tempolaracha.es/modelos/>
- Unam. (s.f.).
- Unesco. (2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hidricos .*
- Ureña, F. (2019). *Analisis del componente del ciclo hidrológico*.
- Visa . (2020). Obtenido de <https://www.visa.com.co/dirija-su-negocio/pequenas-medianas-empresas/notas-y-recursos/planificacion/modelos-de-mercado.html#:~:text=El%20monopolio%3A,el%20dominio%20de%20la%20fabricaci%C3%B3n>.