

Dinámica de los Fluídos

Fluídos

- Substancias que no transmiten esfuerzos
- Se deforman cuando se les aplica una fuerza
- Incluye, agua y gases
- Fuerzas – actúan en todo el fluido

Propiedades de los Fluidos

Los dos parámetros principales son: densidad y viscosidad.

Densidad es una medida del peso por unidad de area (g/cm^2)

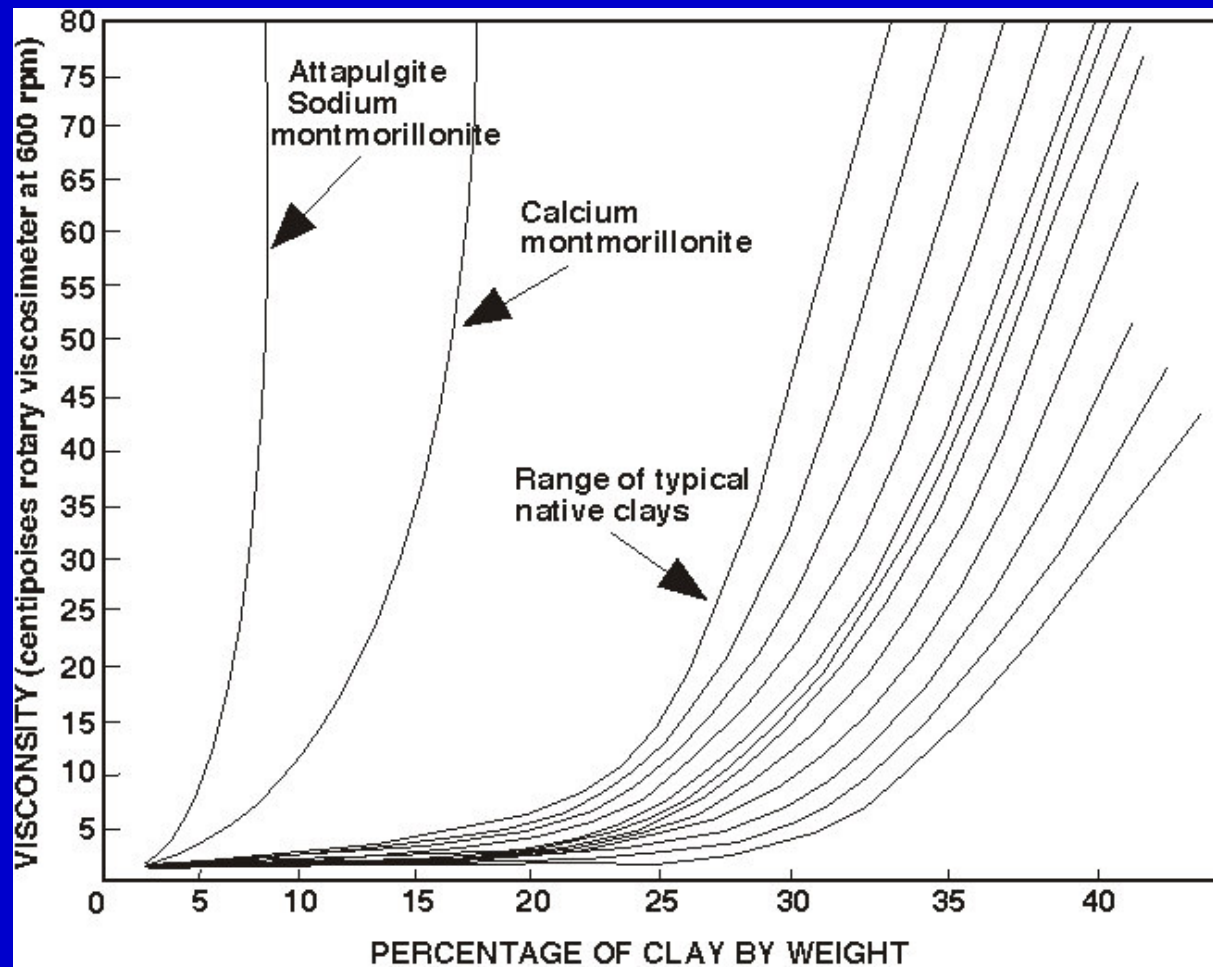
Viscosidad es una magnitud relacionada con la resistencia del fluído a la cizalla y se mide en Poison (g/cm/sec).

Un factor importante que afecta densidad y viscosidad es la temperatura.

Viscosidad

- Medida de la fricción interna entre las partículas de un fluido
 - Cohesión molecular
 - Resistencia del fluido a deformarse (o fluír)
- Viscosidad dinámica = μ = esfuerzo de cizalla/ritmo de cambio de θ por unidad de tiempo

La concentración y mineralogía de las arcillas en suspensión dentro de un fluido tiene una influencia importante sobre la densidad y la viscosidad



Viscosidad Cinemática

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

μ = viscosidad
 ρ = densidad

- Viscosidad constante a T constante; ρ no depende del esfuerzo de cizalla o de la duración del esfuerzo – Fluido Newtoniano
- $T \uparrow$ $\mu \downarrow$
- Viscosidad cinemática determina cuando un flujo desarrolla turbulencia

Presión y Cizalla

- Cizalla (τ) - ejercido paralelo a la superficie

$$\text{Cizalla } (\tau) = F/A$$

- Presión – ejercida perpendicular a la superficie

$$\text{Presión} = F/A$$

Esfuerzos:

Flujos Laminares vs Turbulentos

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Flujo Laminar

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{du}{dy}$$

Flujo Turbulento

- Se le agrega una viscosidad aparente (viscosidad de remolino) (η) a la ecuación para flujos turbulentos
- La turbulencia genera esfuerzos mayores sobre los fluidos adyacentes que en los flujos laminares

Flujos Fluídos

Laminares Versus Turbulentos.

Los números de **Reynolds** y **Froude** proveen un modo de espresar la naturaleza del flujo en términos de su comportamiento dinámico.

Número de Reynolds. Expresa la relación entre las fuerzas inerciales y viscosas dentro de un fluído y entonces el grado de turbulencia. Se calcula usando la ecuación:

$$R = \frac{\text{fuerzas inerciales}}{\text{fuerzas viscosas}} = \frac{UL}{V}$$

U = velocidad del flujo

L = profundidad del flujo

V = viscosidad del fluído

El flujo en canales abiertos donde hay una superficie libre y las fuerzas gravitacionales son importantes se describen utilizando el Número de Froude, que representa la relación entre las fuerzas inerciales y gravitatorias:

$$F = \frac{\text{Fuerzas Inerciales}}{\text{Fuerzas gravitatorias}} = \frac{U}{gL}$$

U = velocidad del flujo
L = profundidad
g = aceleración gravedad

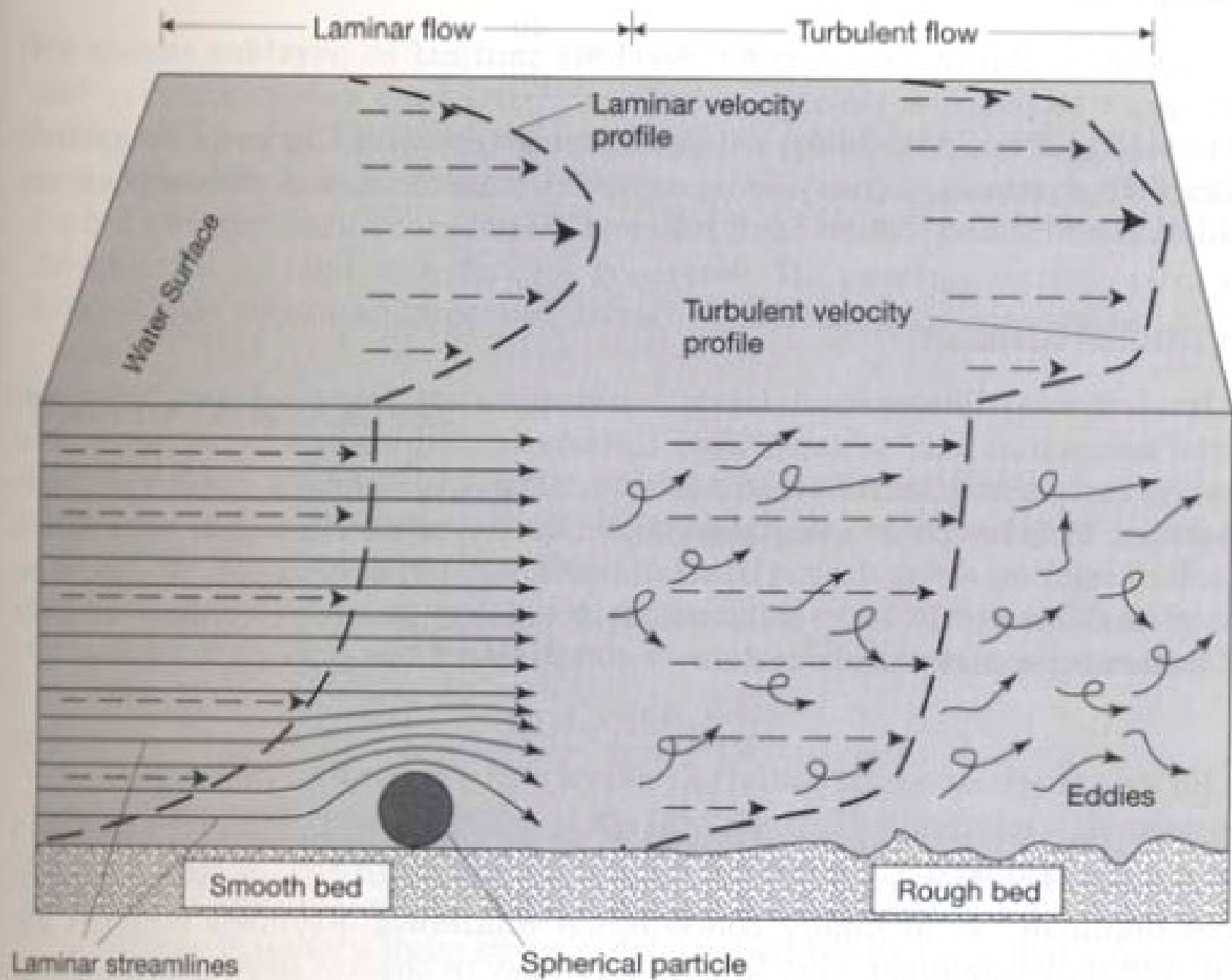
Para flujos turbulentos la profundidad (L) es inversamente proporcional a la velocidad (U); en flujos laminares ambas son proporcionales.

Tipos de Flujos Fluídos

- Flujo laminar – el flujo persiste como un movimiento unidireccional
 - Moléculas fluyen paralelamente
 - Movimiento hacia arriba y hacia abajo por difusión
- Flujo turbulento– flujo altamente distorcionado
 - Flujos perpendiculares a la dirección principal del movimiento
 - Transferencia de movimiento hacia arriba y abajo por procesos de macroescala
- Turbulencia = componente irregular y aleatorio del movimiento del fluido
- Remolinos = parte del fluido altamente turbulento

Flujo Laminar vs Turbulento

- Flujo Laminar – velocidad constante en un punto a través del tiempo
- Turbulencia
 - Mayoria de los flujos = turbulentos
 - Lenta velocidad de decantación – movimientos hacia arriba de la moléculas de agua
 - Incremento en la capacidad del fluído para erodar y capturar partículas del lecho pero menos eficiente en transportarlas
 - La velocidad medida en un punto varía de un momento a otro pero tiende a un valor promedio a lo largo del tiempo



Número de Reynolds

$$R_e = UR\rho/\mu = UR/\nu$$

U = velocidad media del flujo

R = radio hidráulico (A/P)

ν = viscosidad cinemática (μ/ρ)

ρ = densidad

μ = viscosidad

- Balance entre fuerzas inerciales (que causan turbulencia) y viscosas (suprimen turbulencia)
- Flujo Laminar: $Re < 1000$ – domina viscosidad; poca profundidad o baja velocidad
- Flujo Turbulento: $Re > 1000$ – domina inercia; flujo profundo o rápido

Número de Froude

- $Fr < 1$ Tranquilo, Subcrítico
 - Velocidad de la onda $>$ velocidad del flujo
- $Fr > 1$ Rápido, Supercrítico
 - Ondas no pueden propagarse corriente arriba
- Fr tiene relación con el régimen de flujo
 - Define formas de lecho características que se desarrollan por un flujo sobre un lecho granular

Número de Froude

$$F_r = \frac{U}{\sqrt{gL}}$$

F_r = Número de Froude

U = velocidad media

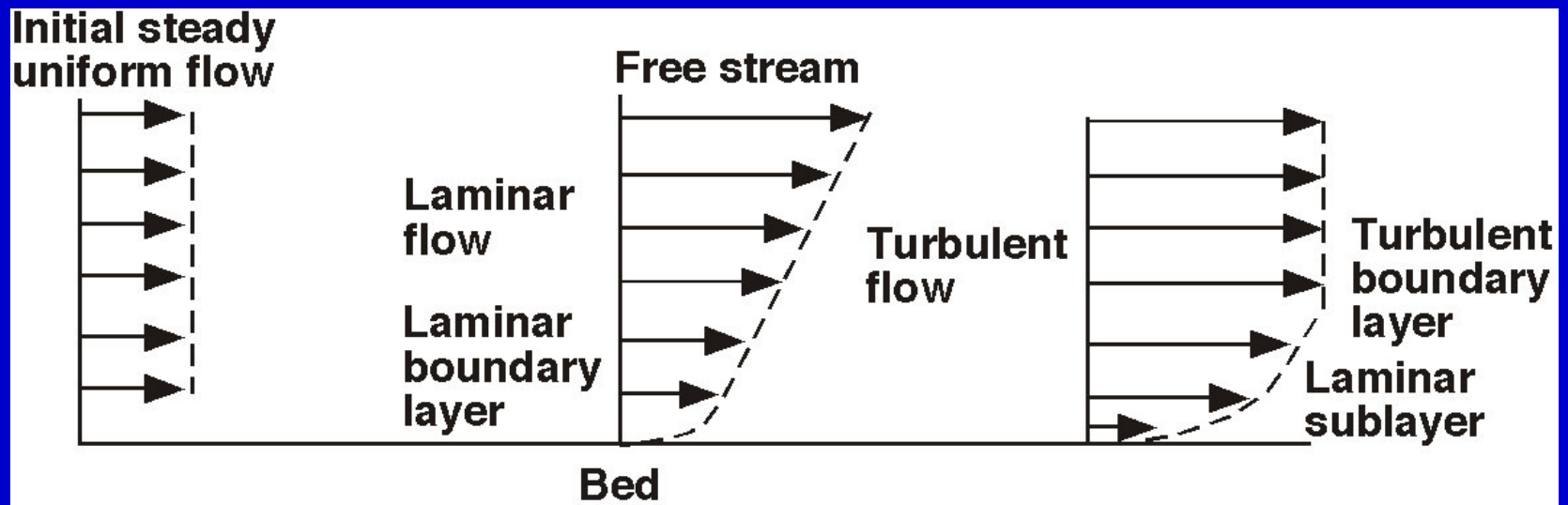
\sqrt{gL} = velocidad del movimiento
de la onda superficial

g = aceleración de la gravedad

L = profundidad del agua

- Relación entre fuerzas inerciales y gravitacionales
- Gravedad influencia el modo en que el fluido transmite ondas superficiales
- Valor adimensional (igual que Re)

Efectos de capa límite: Cuando una corriente fluye a lo largo de las paredes de un canal o sobre el lecho es afectada por los esfuerzos retardantes (rozamiento) producidos por la superficie limitante. La capa en contacto con la superficie rígida se denomina capa límite.



Perfiles de velocidad y rugosidad del lecho

- En flujos turbulentos – hay flujos laminar/casi laminar sólo cerca del lecho
 - Lechos suaves – fuerzas moleculares viscosas dominan en láminas delgadas cerca del lecho
 - Subcapas viscosas / subcapas laminares
 - Lechos Rugosos/Irregulares
 - Gravas o arena gruesa
 - Subcapas viscosas destruidas por las partículas del lecho
 - Obstáculos generan remolinos en la interfase
 - Presencia/ausencia de subcapas laminares – factores importantes en el inicio del movimiento de las partículas

Flujos y transporte de sedimentos

- La habilidad de un río de erosionar y transportar sedimentos representa un balance entre fuerzas y resistencias
- Las ecuaciones que involucran fuerzas (esfuerzos) y resistencias son el núcleo del transporte por flujos fluídos

Flujos y transporte de sedimentos

- Relaciones de conservación
 - Masa (continuidad del fluido)
 - Momento (2nd Ley de Newton – $F=M \cdot A$)
 - Energía (1^{ra} Ley de la Termodinámica)
- Relaciones constitutivas
 - Resistencia (Ecuación de Manning)
 - Transporte de sedimentos (Hjulstrom, Bagnold)

Esfuerzo (cizalla) límite

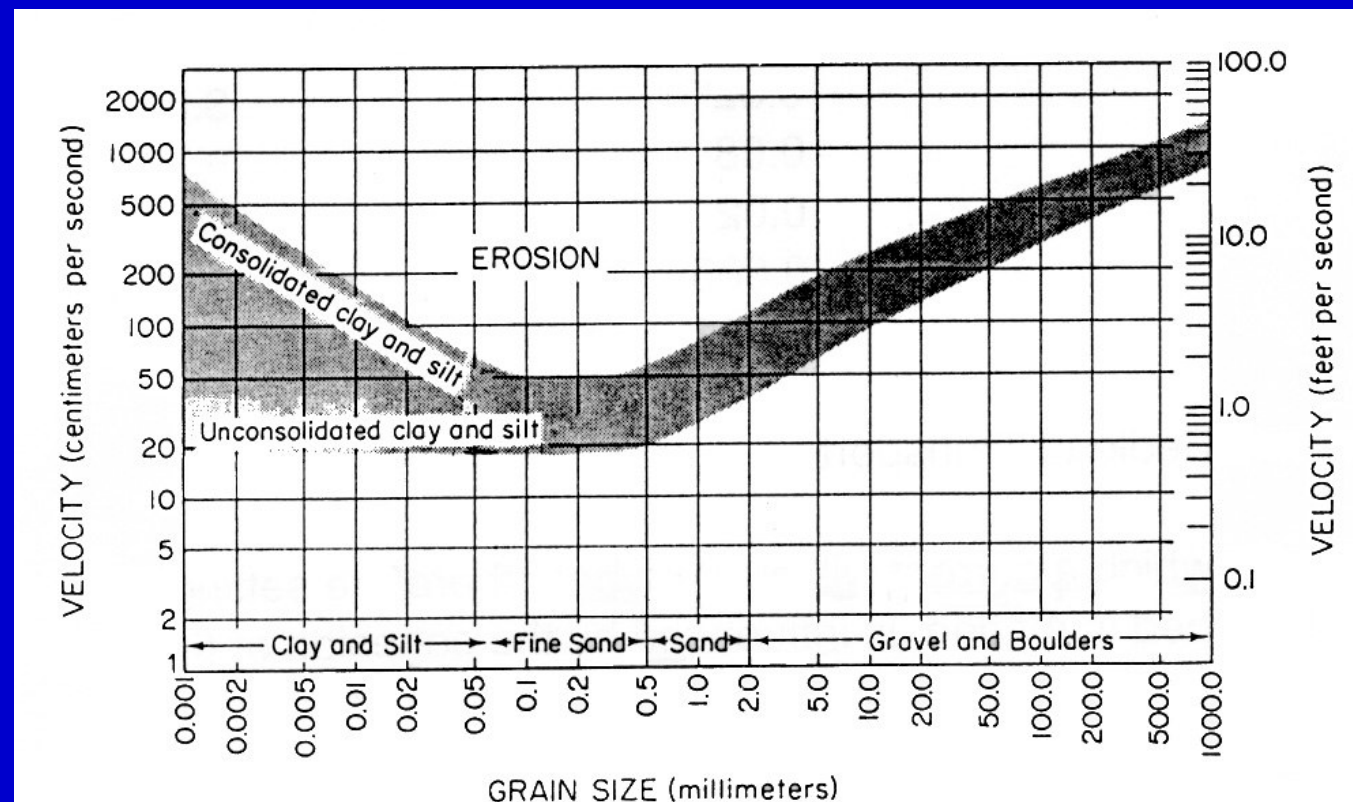
- Cuando un flujo fluye sobre una capa debe vencer esfuerzos que se oponen a ese movimiento existentes en la superficie de la capa (rozamiento)
- Fuerza/unidad de área paralela al lecho
- Extremadamente importante en determinar erosión y transporte de sedimentos en el lecho
- F (densidad de fluido, inclinación de la capa, profundidad del agua, velocidad del flujo)
- El esfuerzo en el límite de capa aumenta con el aumento de la velocidad aunque de manera compleja (no lineal)

Cizalla límite

- Determinada por la fuerza que ejerce el flujo sobre el lecho y relacionada con la velocidad del flujo-determina erosión y transporte de sedimentos en la capa inmediatamente debajo del flujo
- Se incrementa directamente con:
 - ↑ densidad del fluido
 - ↑ profundidad y diámetro del canal
 - ↑ pendiente del canal
- Mayor capacidad para erosionar y transportar sedimento
 - Agua vs aire
 - Canales mayores vs menores
 - Mayor gradiente vs menor gradiente

Erosión y carga de lecho

La facilidad con la que una corriente erosiona el sustrato y por lo tanto pone en movimiento a las partículas del lecho es influenciada por su cohesión. La cohesión del sustrato es controlada principalmente por el contenido de arcillas y por la fricción que se relaciona con los contactos entre granos.



Relación entre carga de lecho y velocidad de la corriente

