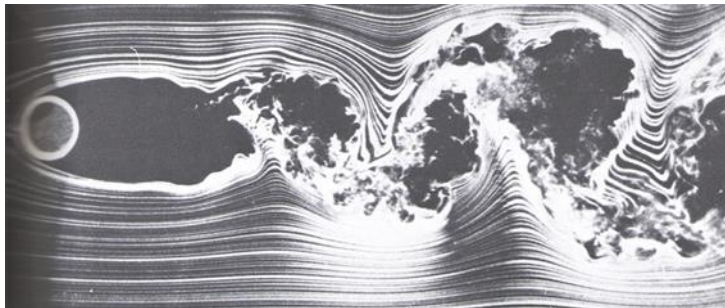
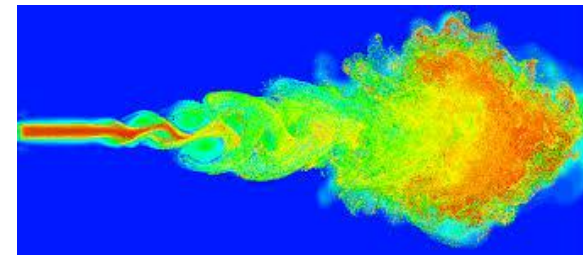
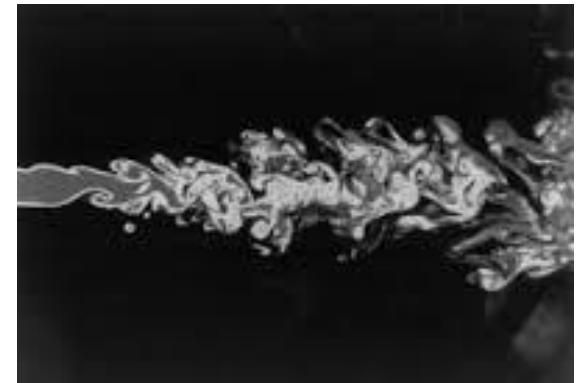
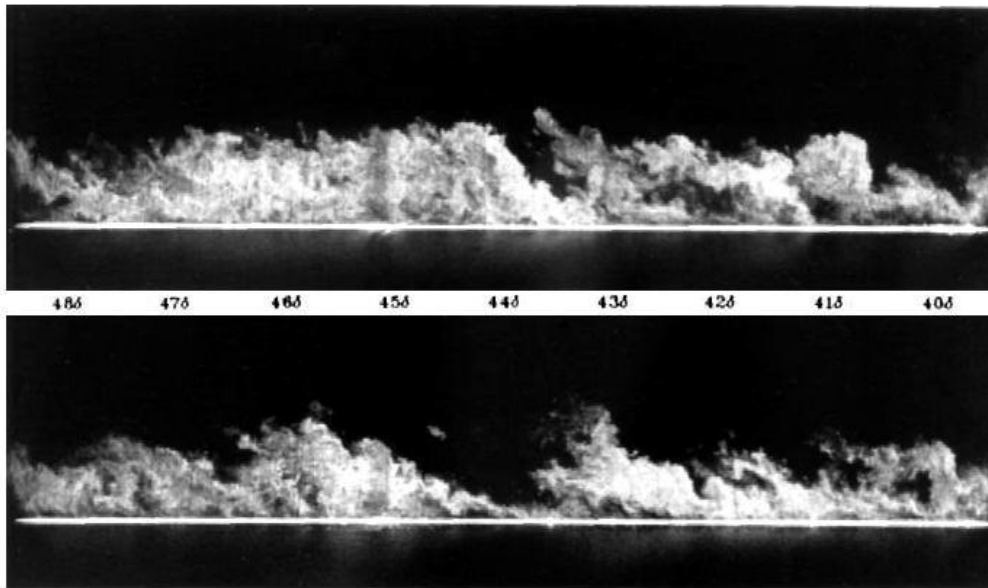


FLUJOS TURBULENTOS

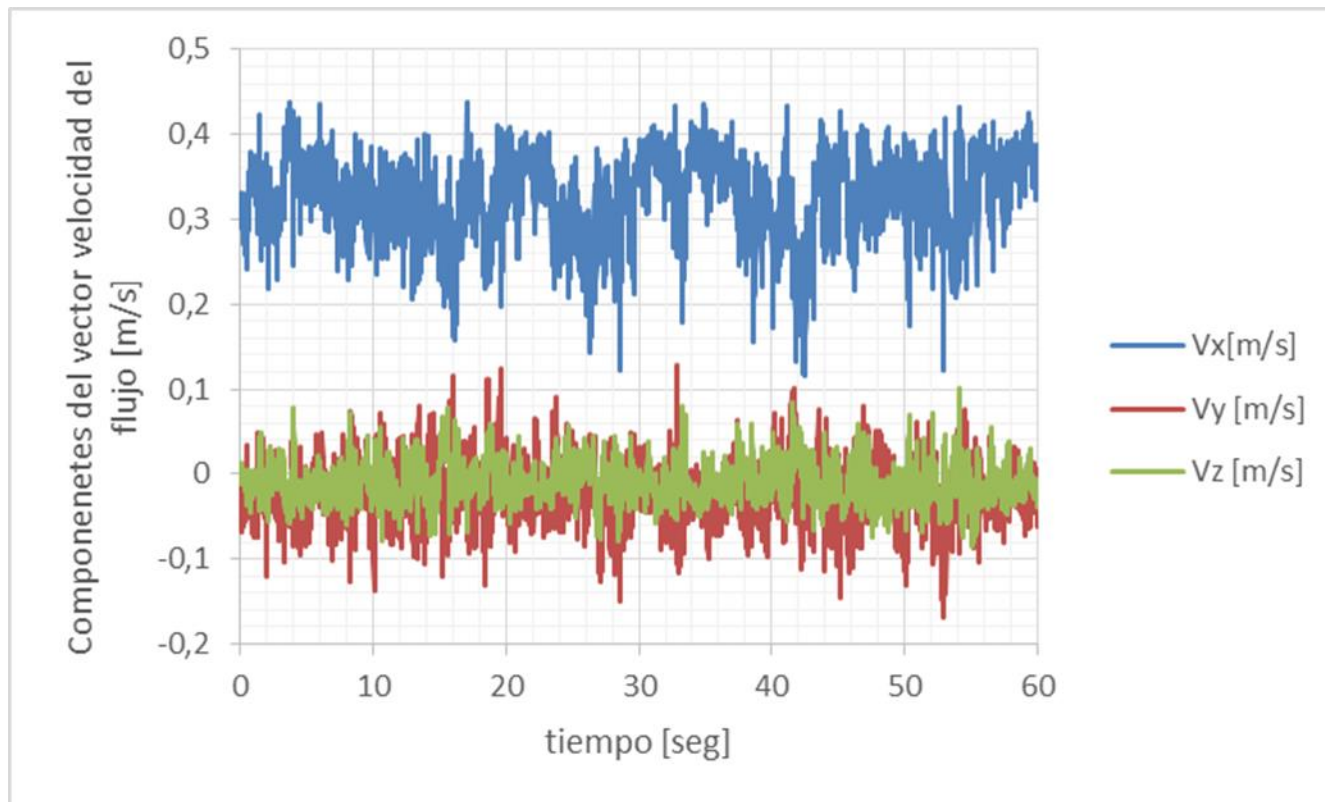
Introduccion – La Turbulencia es ...

- Von Karman (1937) define al **flujo** turbulento como el movimiento **irregular** que se produce en fluidos (gases o líquidos) cuando **el flujo interactúa** con una superficie sólida o con otro fluido.



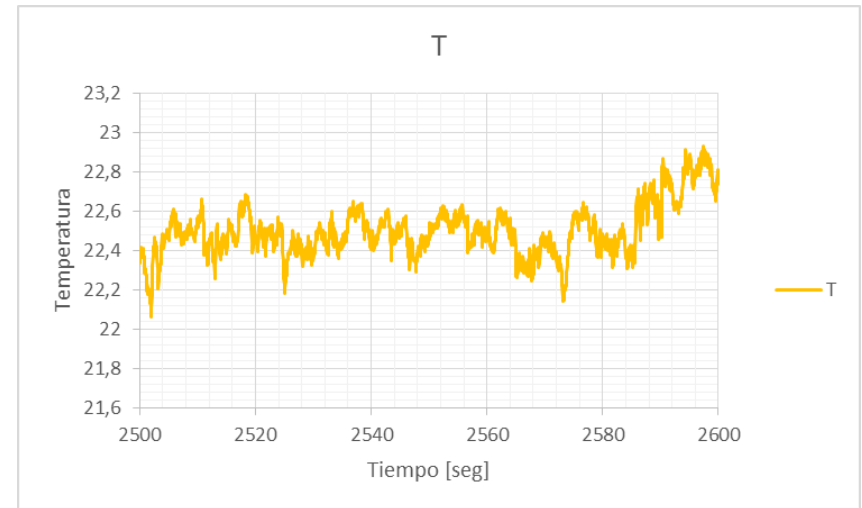
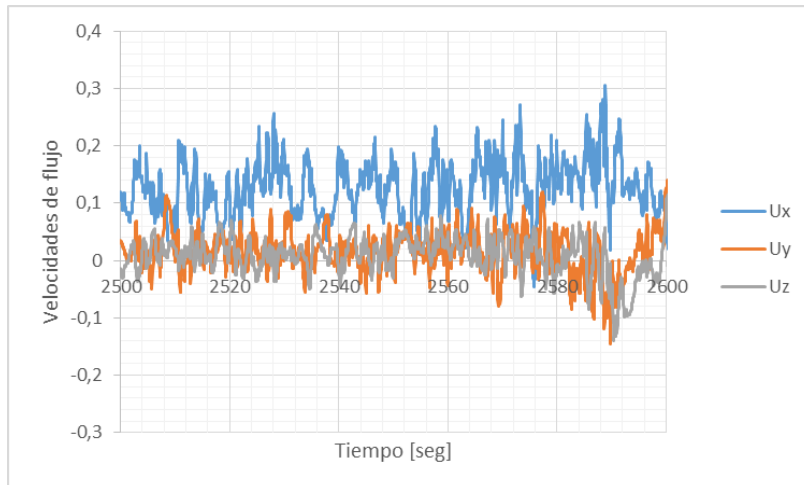
Introduccion – La Turbulencia es ...

- Hinze (1975) define movimiento turbulento de un fluido como “condición irregular del flujo en la cual las magnitudes muestran una variación aleatoria en el tiempo y el espacio, de forma que los distintos valores medios estadísticos pueden ser discernidos”
- Se denomina turbulencia de un fluido, a aquel flujo cuyas variables relevantes (presión, velocidad, etc.) fluctúan de forma desordenada (Tajadura et al 2003).



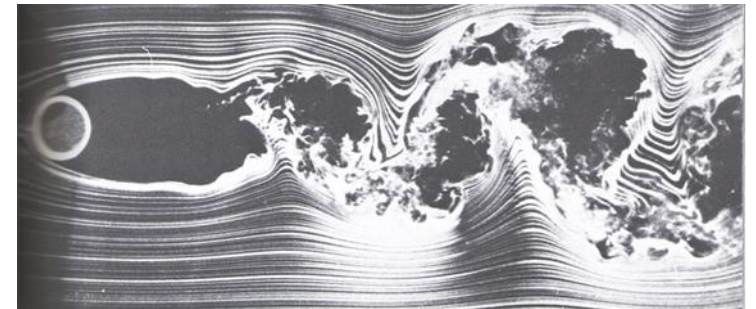
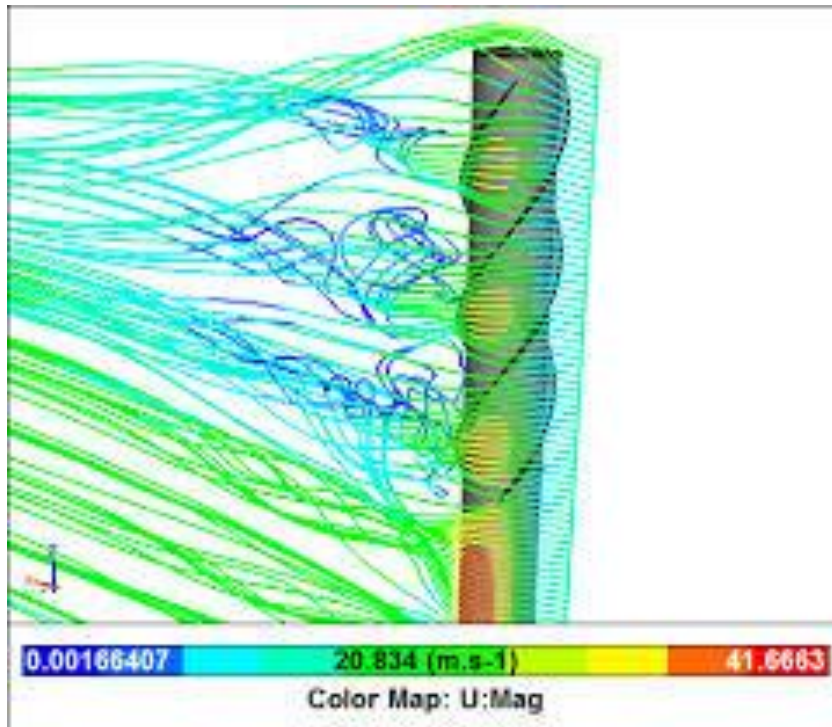
Introduccion – La Turbulencia es ...

- **Hinze (1975) define movimiento turbulento de un fluido como “condición irregular del flujo en la cual las magnitudes muestran una variación aleatoria en el tiempo y el espacio, de forma que los distintos valores medios estadísticos pueden ser discernidos”**
- **Se denomina turbulencia de un fluido, a aquel flujo cuyas variables relevantes (presión, velocidad, etc.) fluctúan de forma desordenada (Tajadura et al 2003).**



Introduccion – La Turbulencia es ...

- Las partículas se mueven en forma caótica y las trayectorias de esas partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos llamados vórtices. Desde el punto de vista macroscópico, se trata de un estado “no estacionario” en el que la variación aleatoria del flujo que se da en el tiempo y el espacio es impredecible; dada una cierta condición inicial, es imposible predecir la configuración del mismo en un instante arbitrario posterior (Lesieur 1997).



Introducción – Que es la Turbulencia?

- Visualización del flujo turbulento por Leonardo da Vinci (1500):

Leonardo da Vinci and turbulence



Lived 1452 – 1519.

First to attempt scientific study of turbulence (*turbolenza*): placed obstructions in water and observed the result



Figure 1.1 Presumed to be a self-portrait of Leonardo da Vinci (1452-1519); his drawing and statement of coherent vortices around piers, courtesy of The Royal Library, Windsor Castle.

Introducción – Que es la Turbulencia?

- Visualización del flujo turbulento por Leonardo da Vinci (1500):

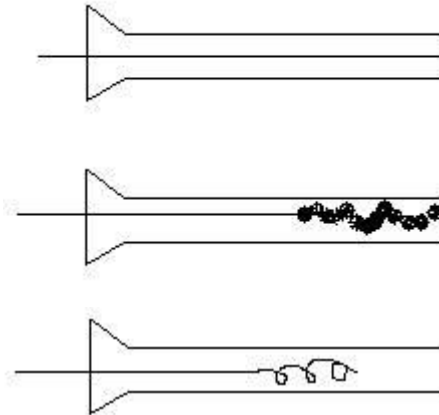
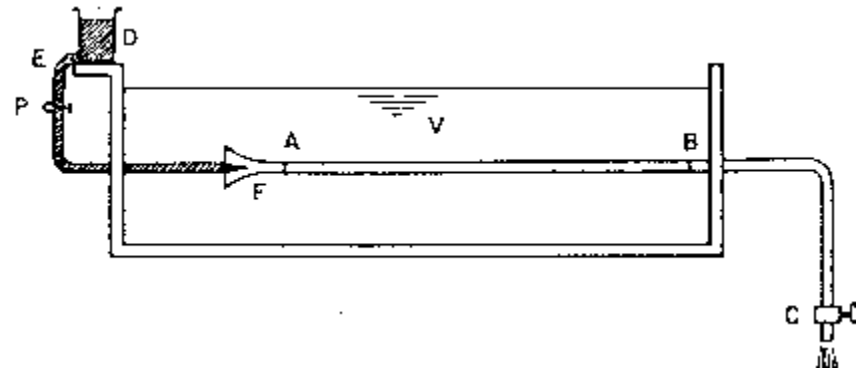
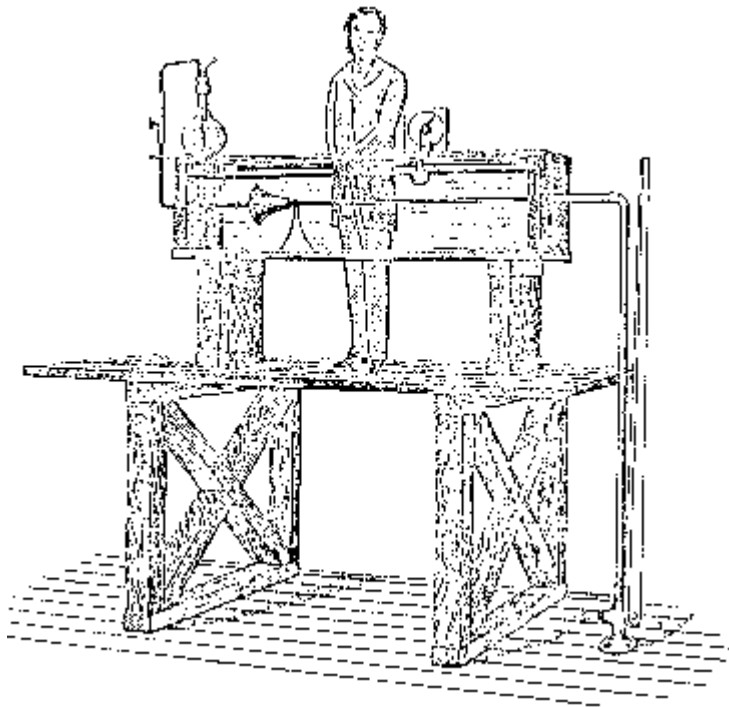


Introducción – Que es la Turbulencia?

- La Turbulencia en flujos se origina a partir de la inestabilidad de flujos laminares.
- El parámetro adimensional que juega el rol mas importante en este proceso es el **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{U D}{\nu}$$

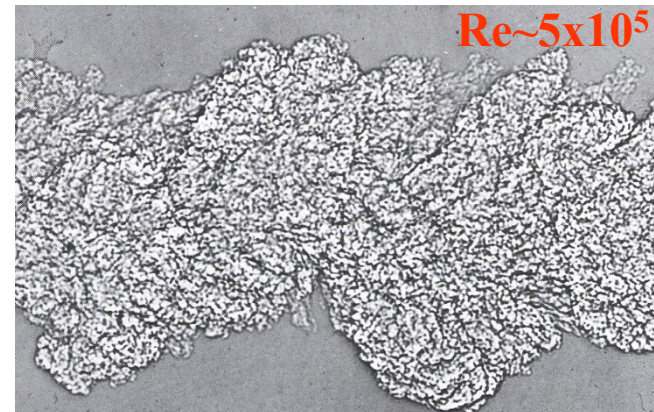
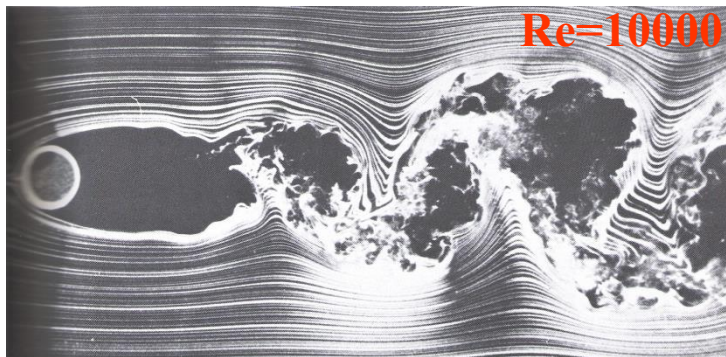
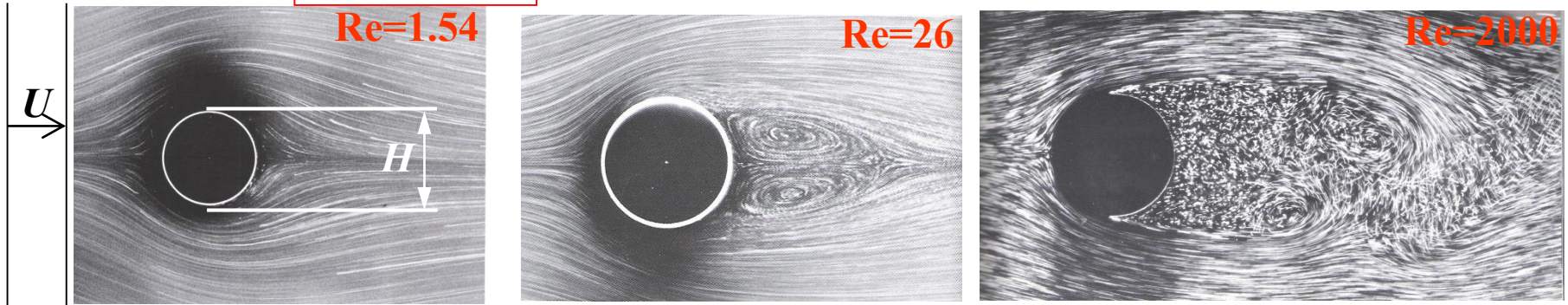
Experimento de Reynolds (1883)



Introducción – Que es la Turbulencia?

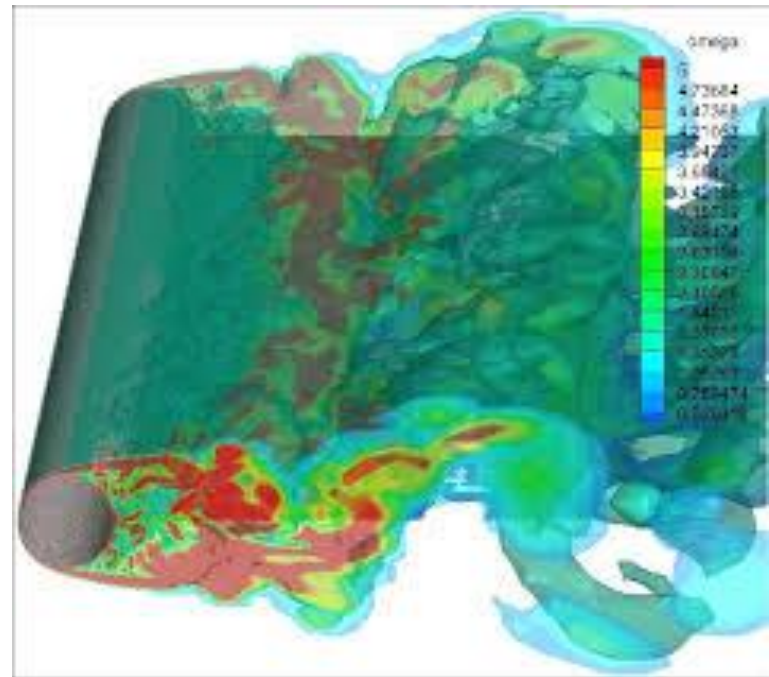
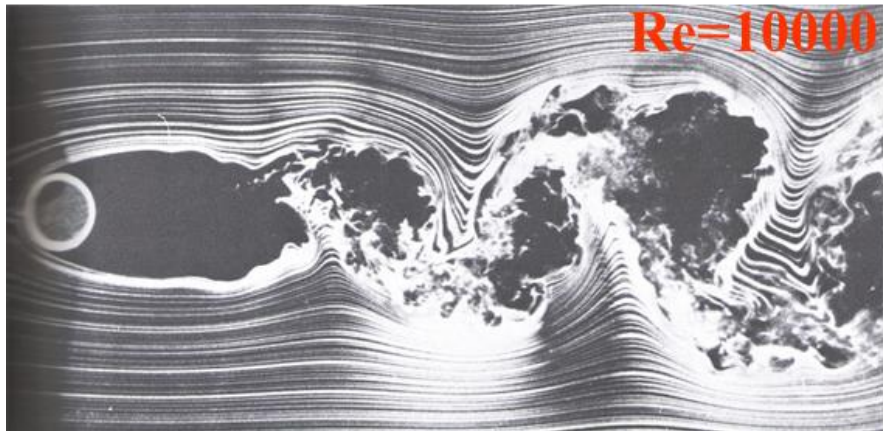
- La Turbulencia en flujos se origina a partir de la inestabilidad de flujos laminares.
- El parámetro adimensional que juega el rol mas importante en este proceso es el **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{U H}{\nu}$$



Estela turbulenta aguas abajo
del obstáculo

Introducción – Que es la Turbulencia?



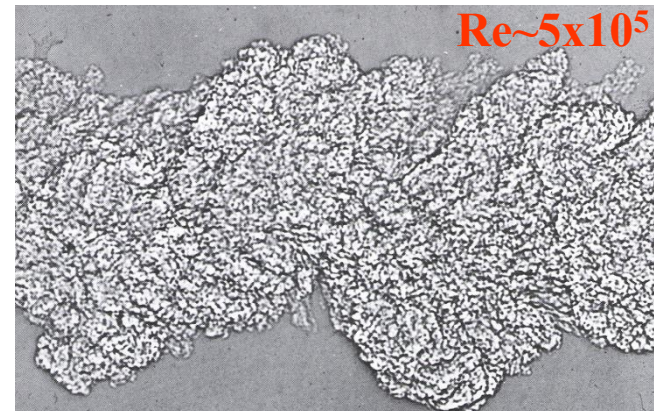
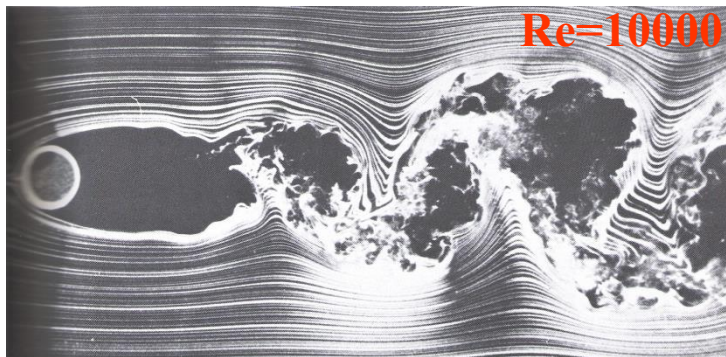
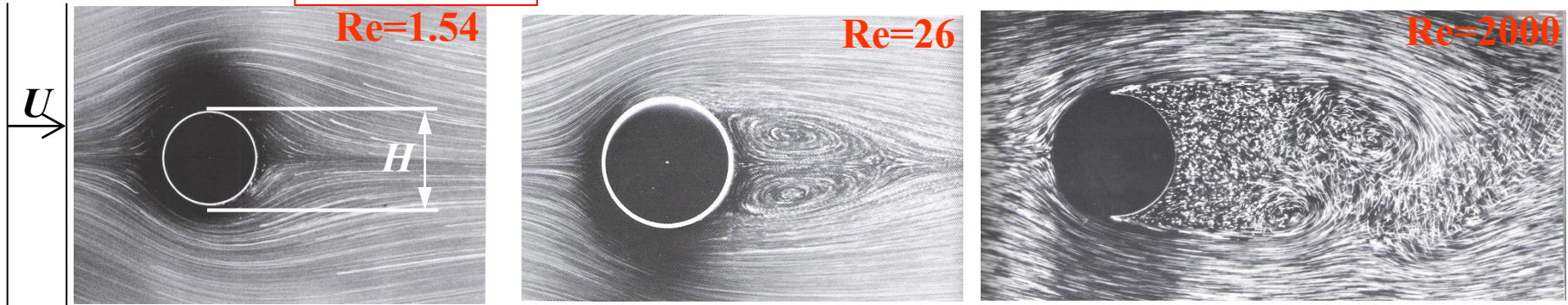
Introduccion – La Turbulencia es ...

- **Turbulencia (y la mezcla turbulenta) es el proceso mas importante que describe el flujo de fluidos**
- **Algunas de las características de los flujos turbulentos son:**
 - Irregular en espacio y tiempo
 - Tridimensional
 - Amplio rango de escalas de espacio y tiempo
 - Vorticidad aleatoria
 - Gran MEZCLA (difusividad ???)
 - Fuerte no linealidad
 - Gran disipación
 - Anisotropía de escalas mas grandes
 - Isotropía de las escalas mas pequeñas (perdida de la memoria de los detalles de las escalas mas grandes)
 - La turbulencia es una propiedad del flujo y no del fluido

Introducción – Que es la Turbulencia?

- La Turbulencia en flujos se origina a partir de la inestabilidad de flujos laminares.
- El parámetro adimensional que juega el rol mas importante en este proceso es el **Número de Reynolds**

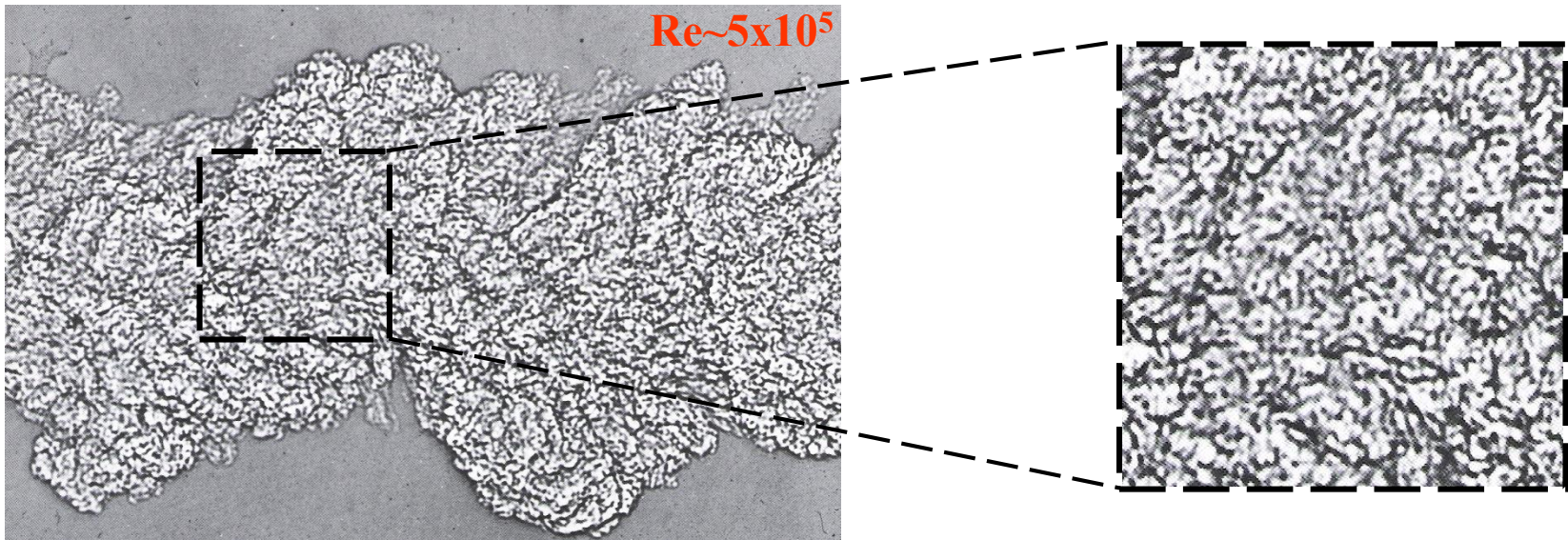
$$Re = \frac{U H}{\nu}$$



Estela turbulenta aguas abajo del obstáculo 12

Introducción – Que es la Turbulencia?

- Se observan claramente dos escalas de longitud diferentes
 - Una escala grande anisotrópica
 - Una escala pequeña isotrópica

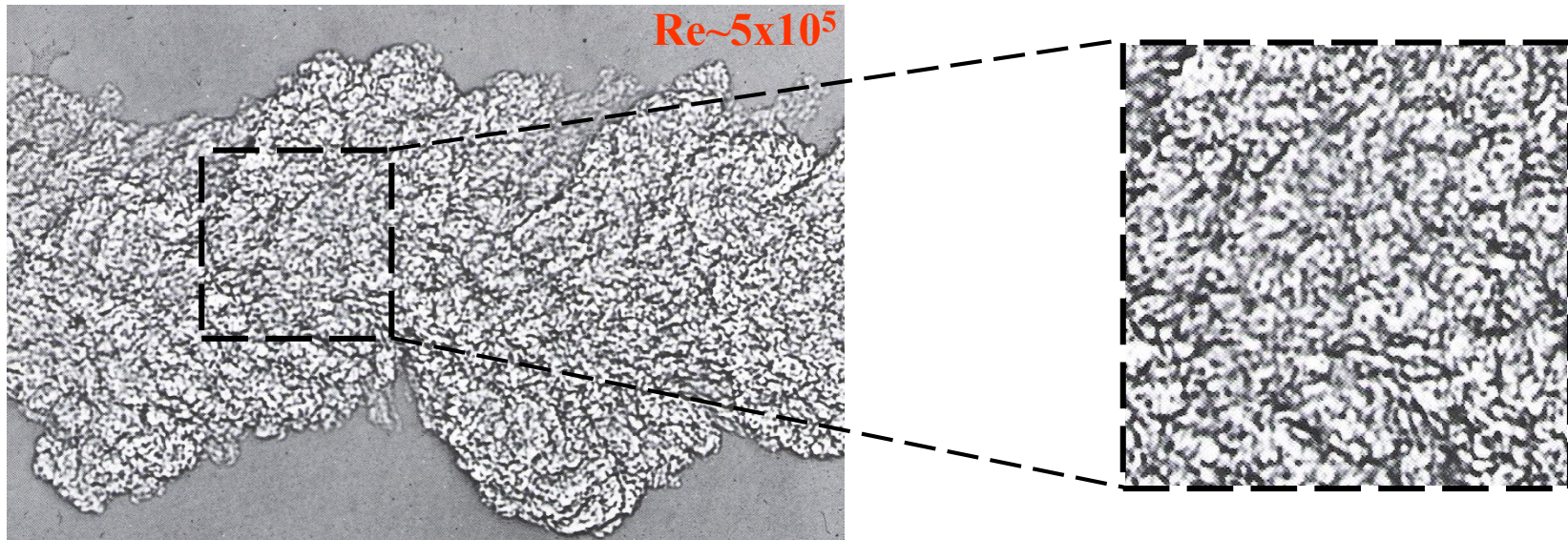


Estela turbulenta aguas abajo
del obstáculo

Introducción – Que es la Turbulencia?

- Se observan claramente dos escalas de longitud diferentes

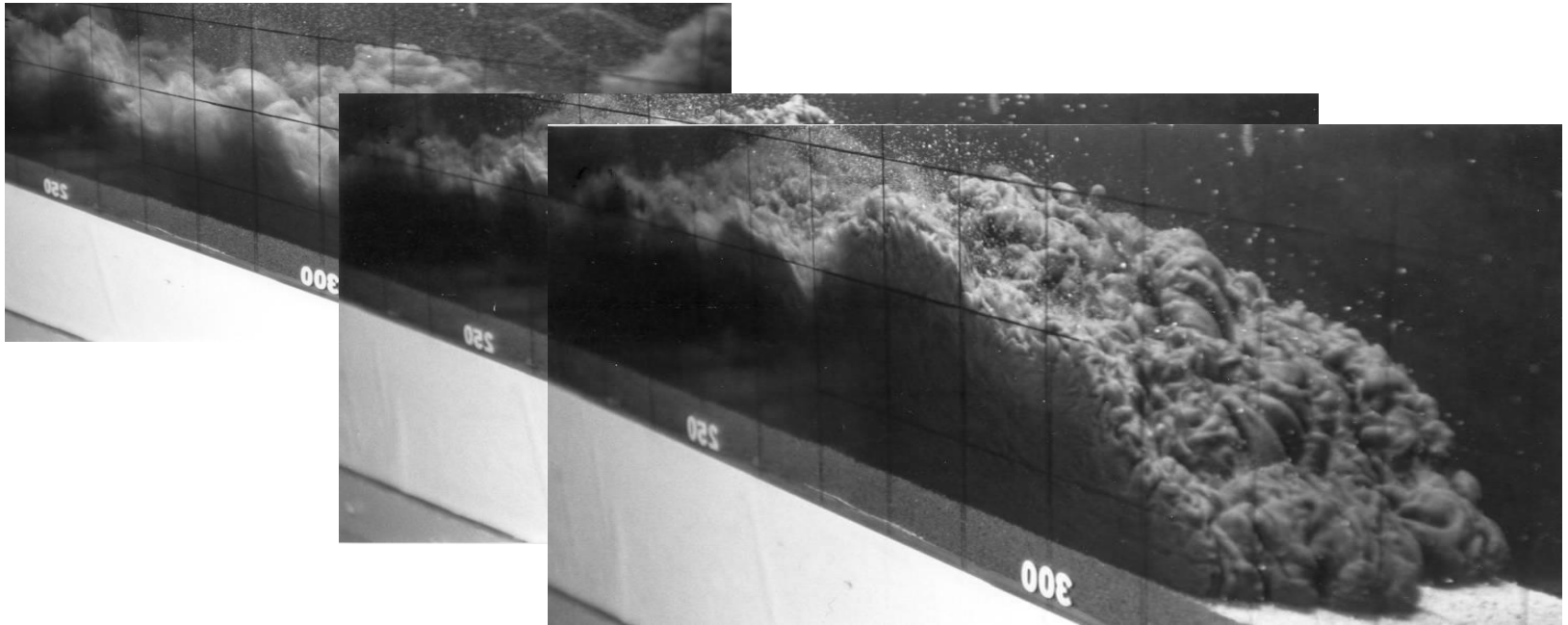
- Una escala grande anisotrópica
- Una escala pequeña isotrópica



U, L, T	➡	➤ Macroescala
u, λ, τ	➡	➤ Escalas intermedias
u_o, λ_o, τ_o	➡	➤ Microescala

Introducción – Que es la Turbulencia?

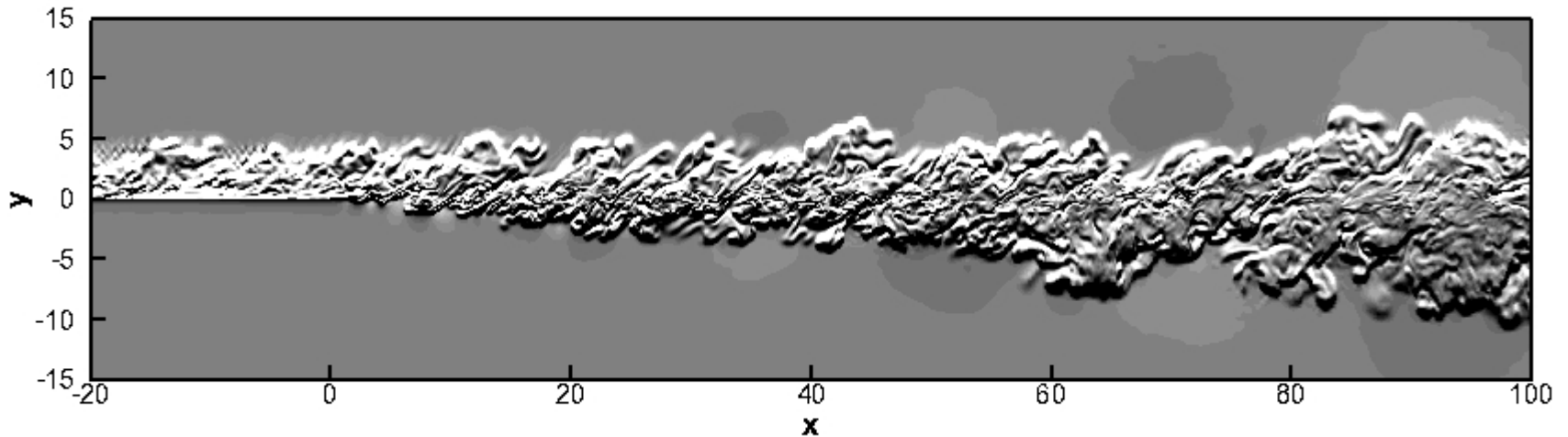
- Existe un amplio rango de escalas turbulentas entre la escala mas grande anisotrópica y la mas pequeña isotrópica



Corriente de turbidez, modelo experimental de una avalancha de nieve (García and Parker, 1989)

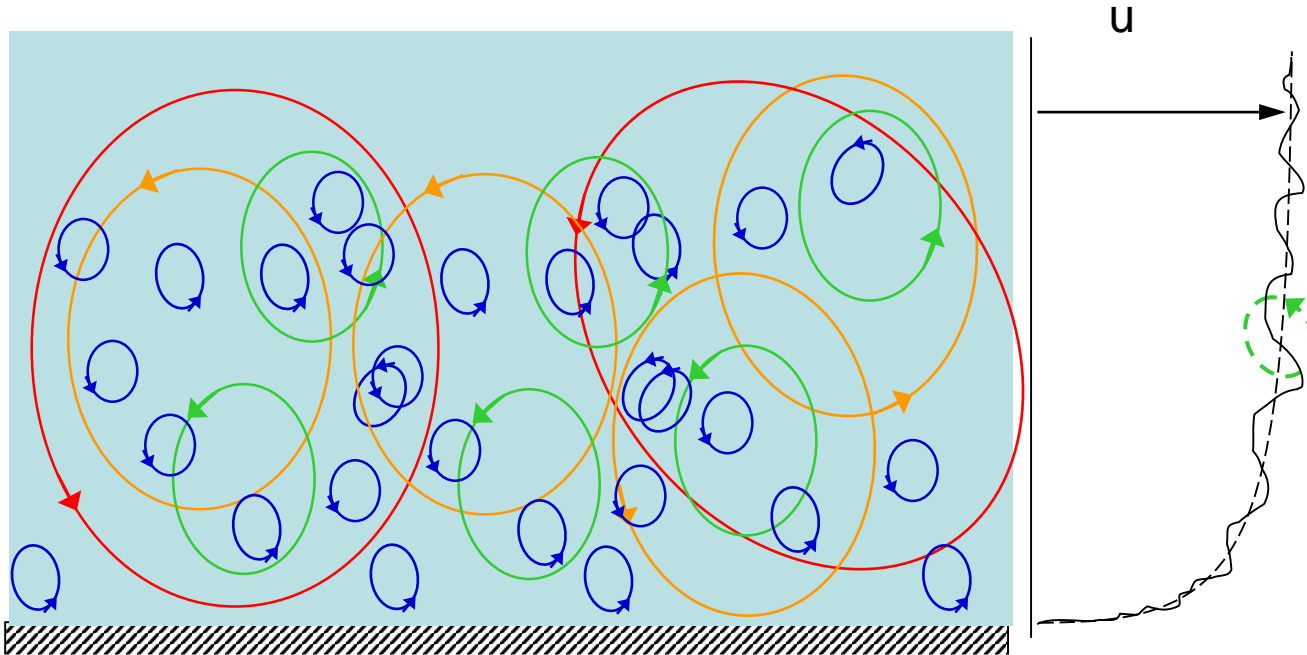
Introducción – Que es la Turbulencia?

- Existe un amplio rango de escalas turbulentas entre la escala mas grande anisotrópica y la mas pequeña isotrópica

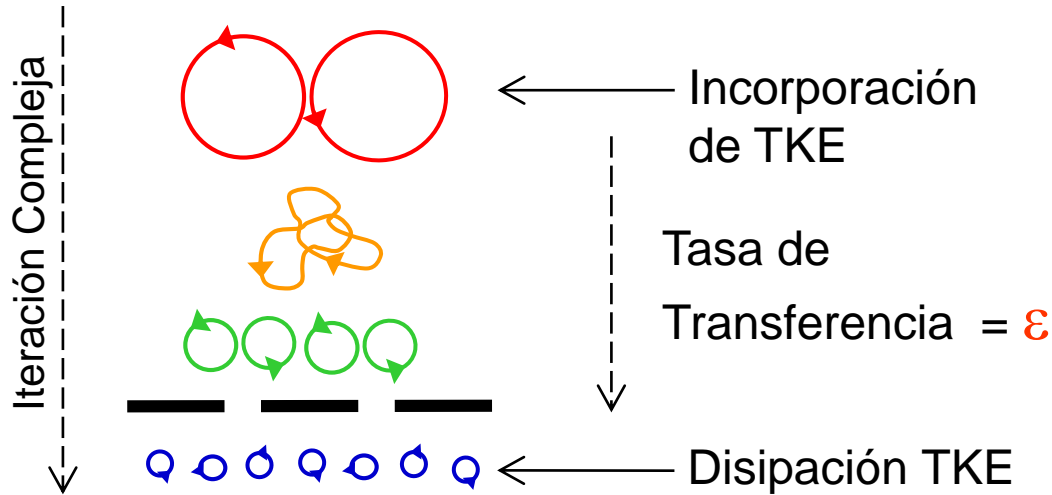


Introducción – Modelo Conceptual de Flujos Turbulentos

Flujo Turbulento



Introducción – Cascada de energía



Big whorls have little whorls
That feed on their velocity,
And little whorls have lesser whorls
And so on to viscosity.

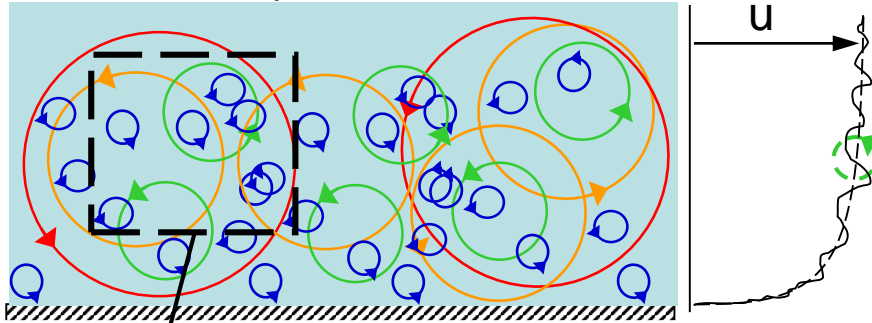
-- Lewis F. Richardson

- Turbulencia es un mecanismo de transferencia de energía desde las escalas mas grandes a las pequeñas escalas
- Este procesos es llamado "Cascada de Energía"
- Energía entre al sistema a las escalas mas grandes
- Energía se disipa e las escalas mas pequeñas
- Disipación de energía, ϵ , es debido a los efectos viscosos
- La magnitud de ϵ no depende de la viscosidad
- En el flujo turbulento estacionario ϵ se ajusta para disipar la energía que entra al sistema

$$\epsilon = \frac{u_l^2}{T_l} = \frac{u_l^3}{l}$$

Introducción – Cascada de energía

Flujo Turbulentos



- La cascada de energía sucede en todo el flujo
- Esto es intermitente en espacio y tiempo
- La cascada de energía es un procesos autosimilar

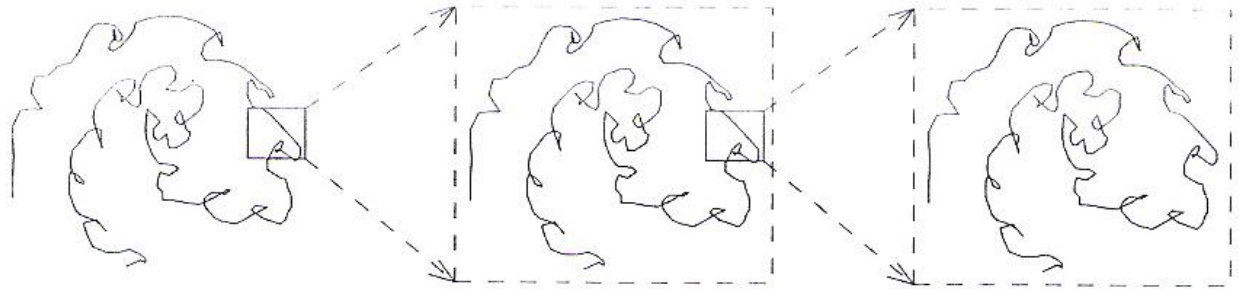
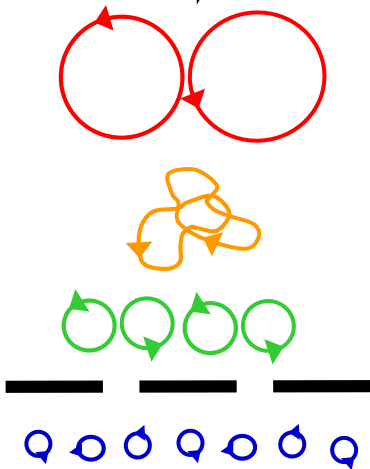


Fig. 6.1. A self-similar cascade of eddies in a turbulent flow.

Mapa logístico: Ejemplo de comportamiento caótico de un proceso gobernado por ecuaciones determinística no lineales (May, 1976). Es un modelo demográfico discreto en el tiempo.

$$X_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$$

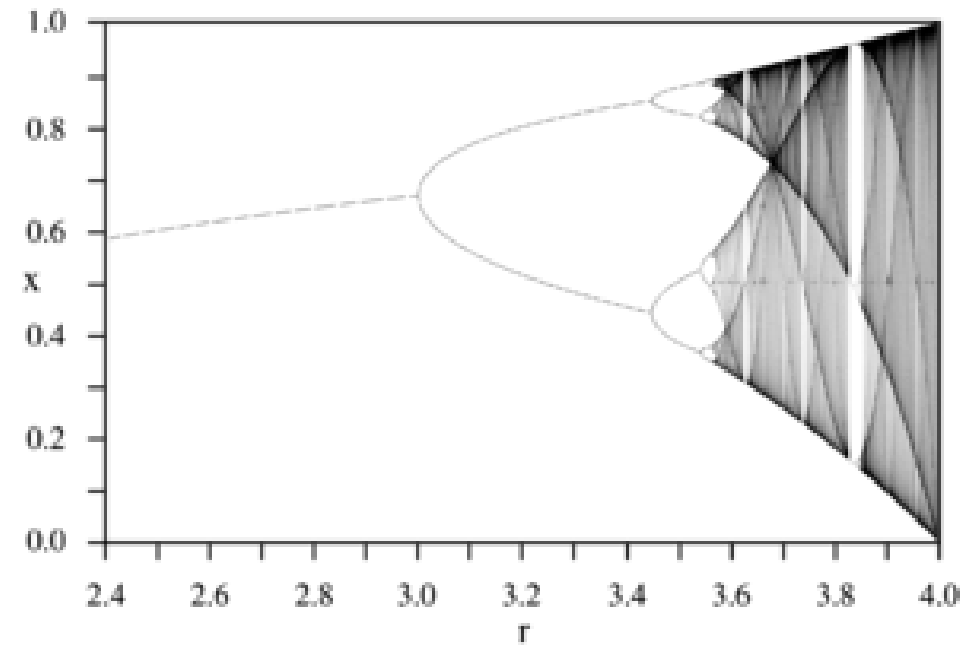


Diagrama de bifurcación