icemm
SIMULATION ENGINEERING

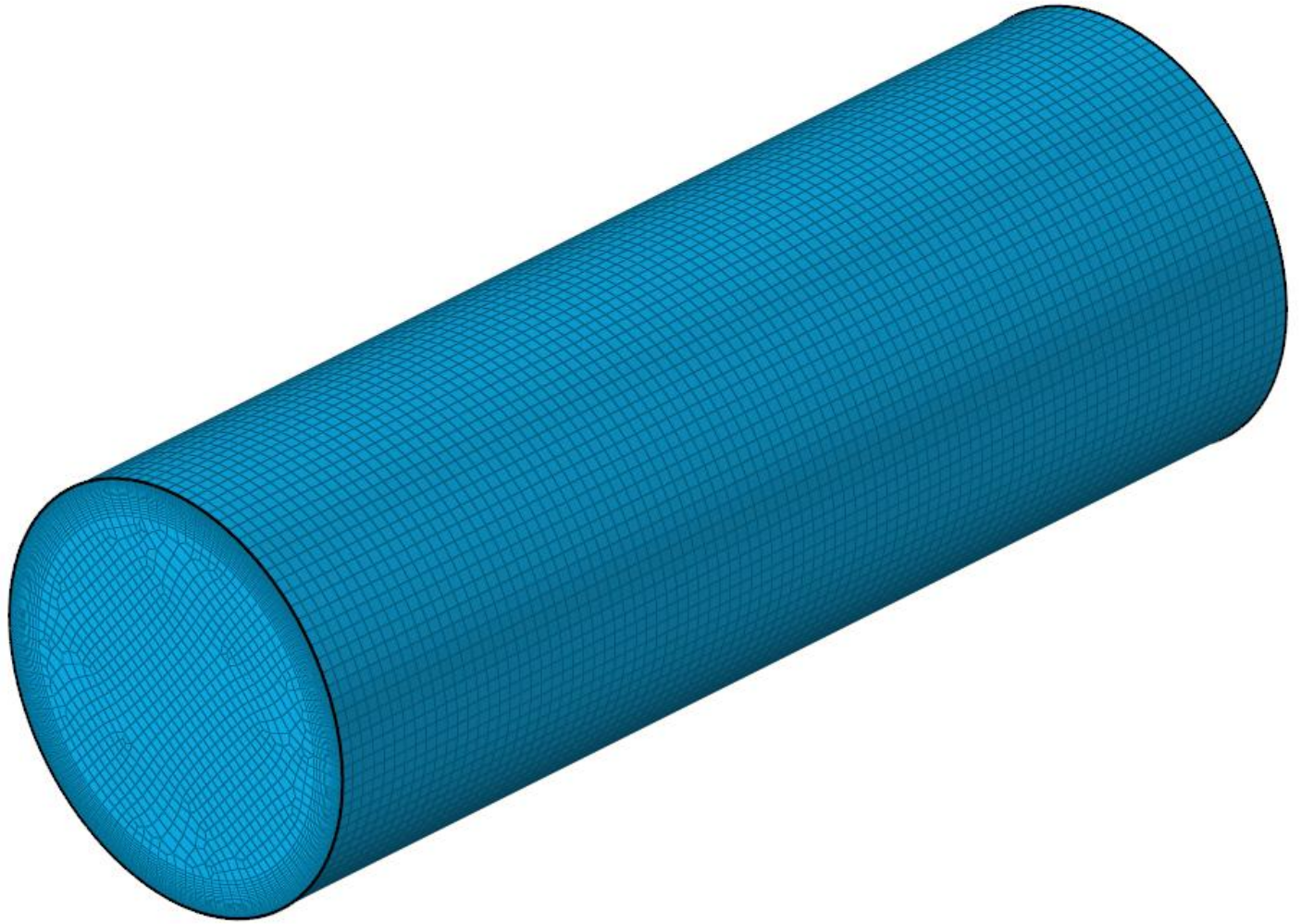
Tutorial CFD 10

Simulación LES y Turbulencia artificial

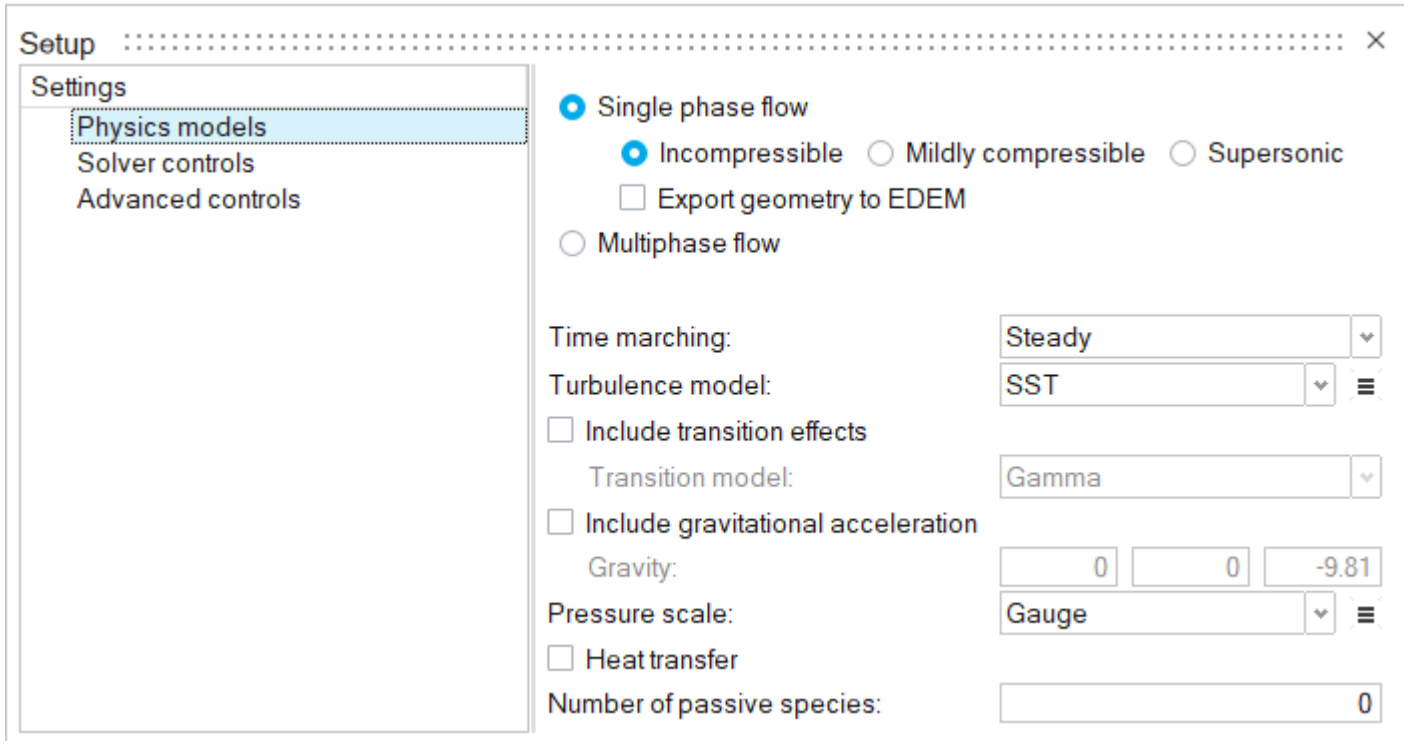
CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD
DNV·GL
ISO 9001
PYME INNOVADORA

Stable Pipe

- En este ejemplo se va a realizar una simulación LES del flujo en una tubería sencilla.
- El modelo LES permite ver las oscilaciones del flujo en las grandes escalas, lo cual es útil cuando este es inestable.
- Se busca también comprobar como las condiciones de turbulencia en la entrada pueden influir drásticamente en la estructura inestable del flujo que se genera.

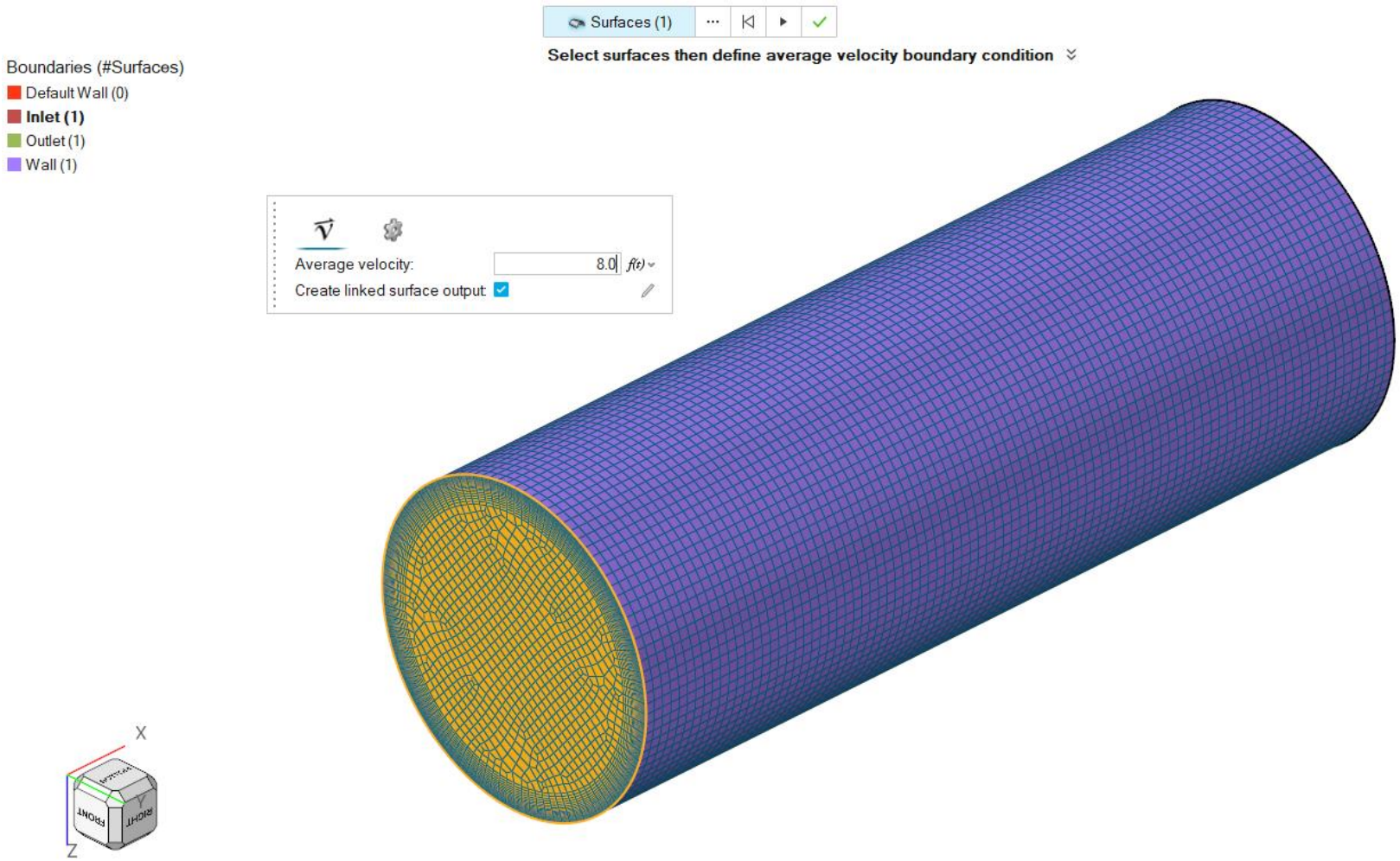


- La geometría del modelo ya mallado se importa como archivo de Fluent (.cas) directamente a Hyperworks CFD.
- En Flow>>Physics se establece el tipo de simulación.
- En primer lugar se simula un caso estacionario con modelo de turbulencia SST.
- Este se usará como condición inicial de la simulación transitoria para mejorar y agilizar la convergencia.



Condiciones de contorno

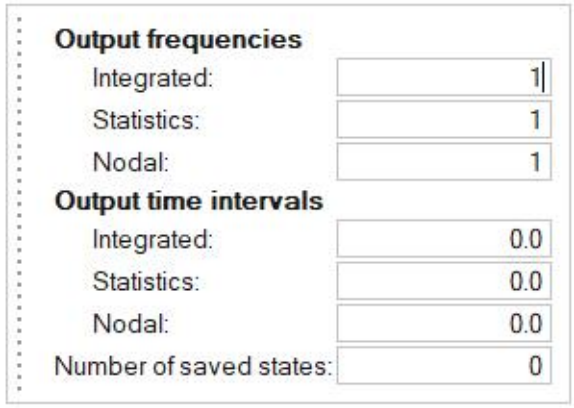
- Como condiciones de contorno se impone una velocidad media (Inlet tipo Profiled) de 8 m/s.
- En el outlet se selecciona presión de 0 Pa.
- El muro es de tipo No-Slip Wall con Wall Resolved para la capa límite.

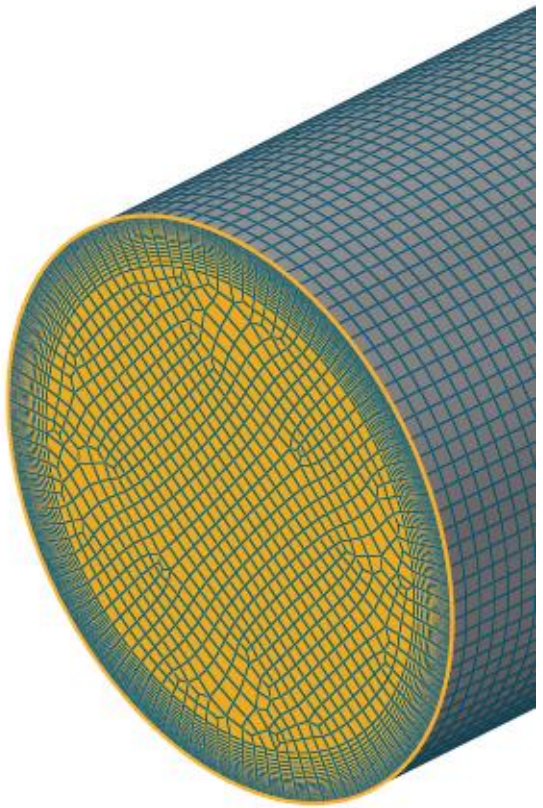


Surface output

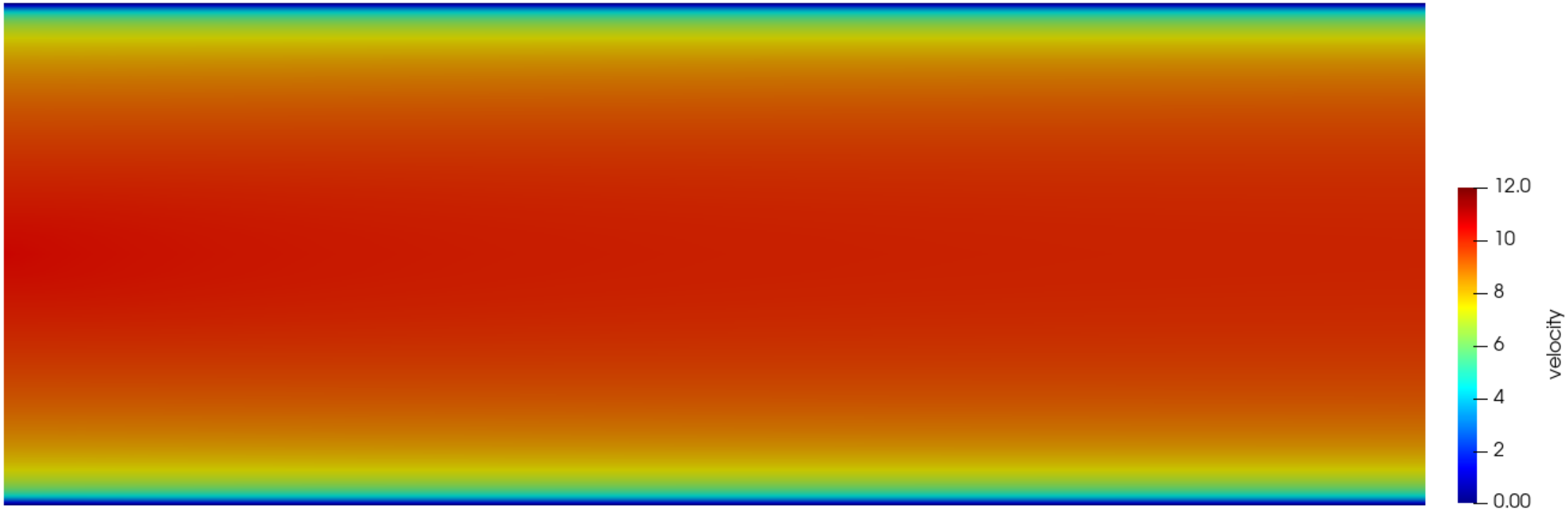


- En el inlet se coloca un Surface Monitor con la frecuencia nodal igual a 1.
- Se lanza la simulación desde Solution>>Run.



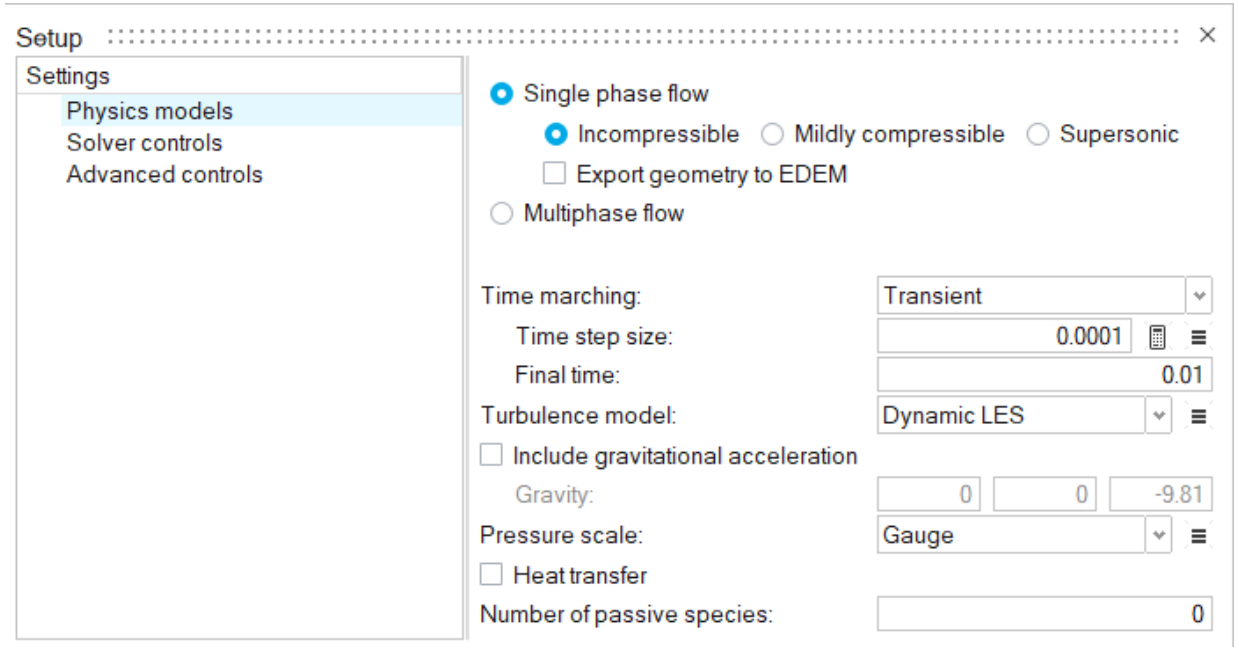


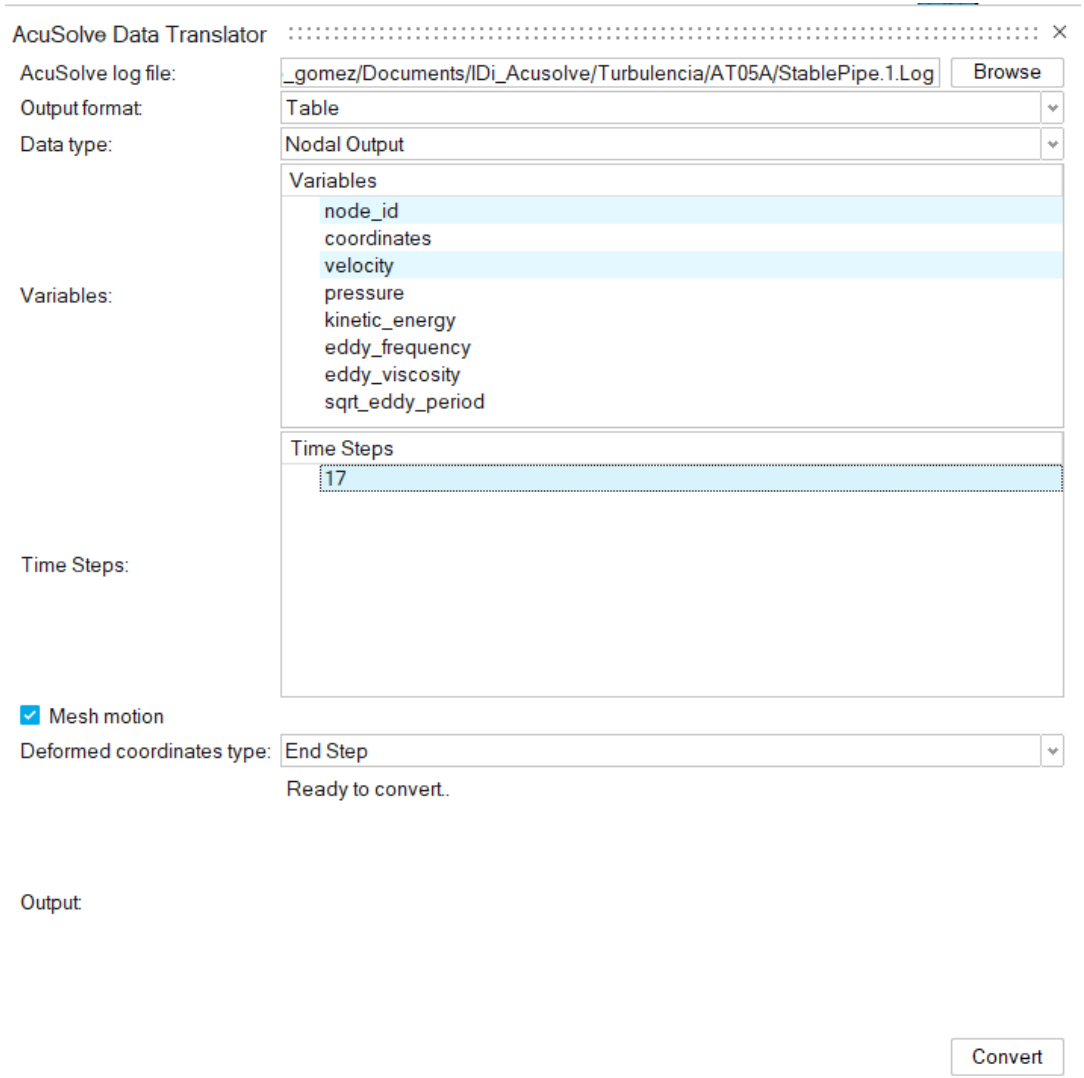
- Los resultados de velocidad son lo esperado para el flujo en la tubería.
- Estos servirán como condición inicial en la simulación LES para acelerar su convergencia.



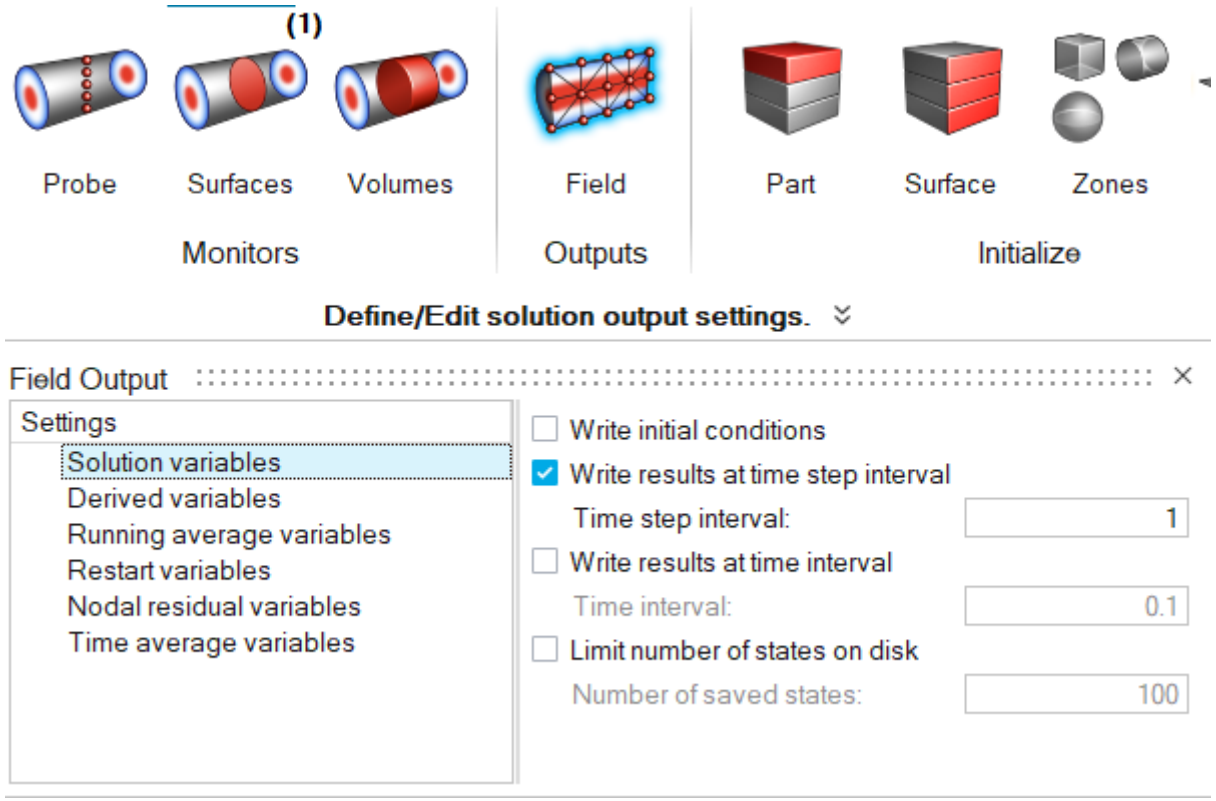
Caso transitorio: Exportar solución estacionaria

- La solución de velocidad y presión se exporta con el proceso ya utilizado en otras ocasiones, desde Solution>>Convert a formato Table y cambiando adecuadaemente los nombres de los ficheros antes de exportar el siguiente.
- La simulación transitoria se hace con modelo Dynamic LES con el paso de tiempo de la imagen para obtener buenos resultados.
- Los métodos LES requieren un tamaño de malla fina y un paso de tiempo bajo para mostrar los movimientos inestables del flujo.





- Para ver la evolución en el transitorio, desde el menú Field Outputs, debe cambiarse el Time Step Interval de escritura a 1, tanto en Solution Variables como en Derived Variables.

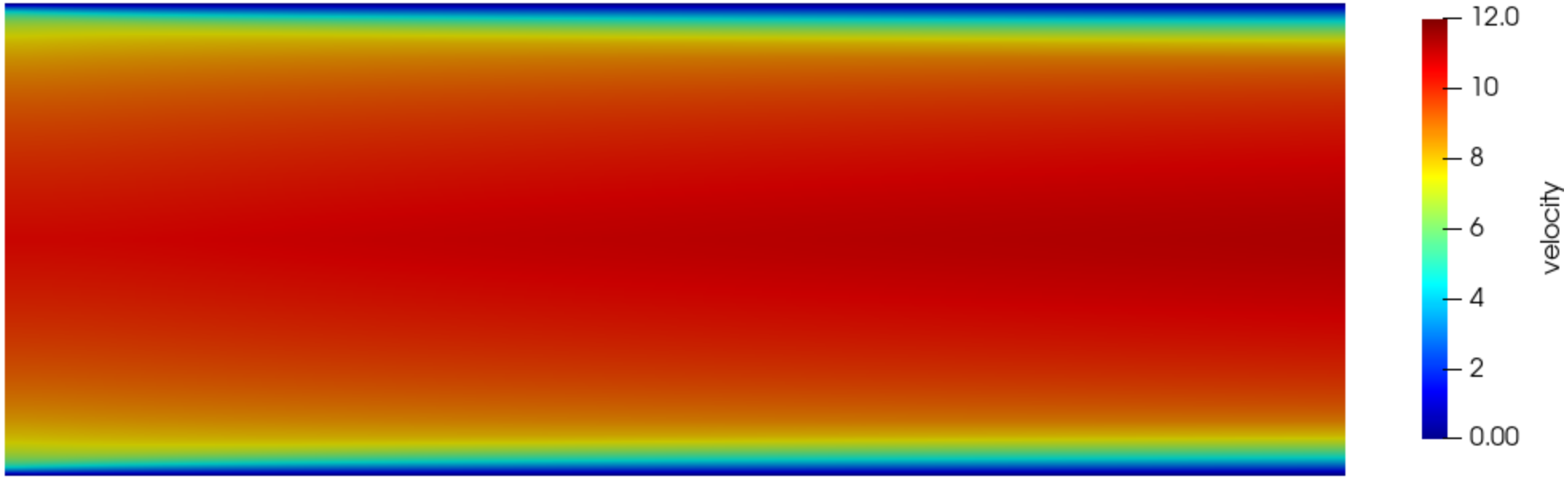


Caso transitorio: Establecer condiciones iniciales

- Tras los cambios en el apartado Flow>>Physics, se exporta el modelo desde Solution>>Run>>Export.
- En el archivo .inp se añaden las líneas de la imagen sustituyendo la condición inicial por defecto.
- Los archivos .out son los que se han exportado antes de la solución estacionaria.

```
# +--------------------------------------------------------------------+
# | Nodal Initial Condition                                            |
# +--------------------------------------------------------------------+

NODAL_INITIAL_CONDITION( "pressure" ) {
    selection_type                      = all
    type                                = nodal_values
    variable                            = pressure
    default_value                       = 0
    nodal_values                        = Read("StablePipe_step17_Pressure.out")
    precedence                          = 0
    satisfy_boundary_condition          = off
}

# +--------------------------------------------------------------------+
# | Nodal Initial Condition                                            |
# +--------------------------------------------------------------------+

NODAL_INITIAL_CONDITION( "velocity" ) {
    selection_type                      = all
    type                                = nodal_values
    variable                            = velocity
    default_values                      = {1,0,0}
    nodal_values                        = Read("StablePipe_step17_Velocity.out")
    precedence                          = 0
    satisfy_boundary_condition          = off
}
```

- Los resultados a lo largo de toda la simulación transitoria son estables y similares a la imagen mostrada, que también se asemeja mucho al caso estacionario.
- Esto se debe a que nada inicia la turbulencia en el flujo durante la simulación, lo cual en muchas situaciones no refleja bien la realidad.



Turbulencia artificial

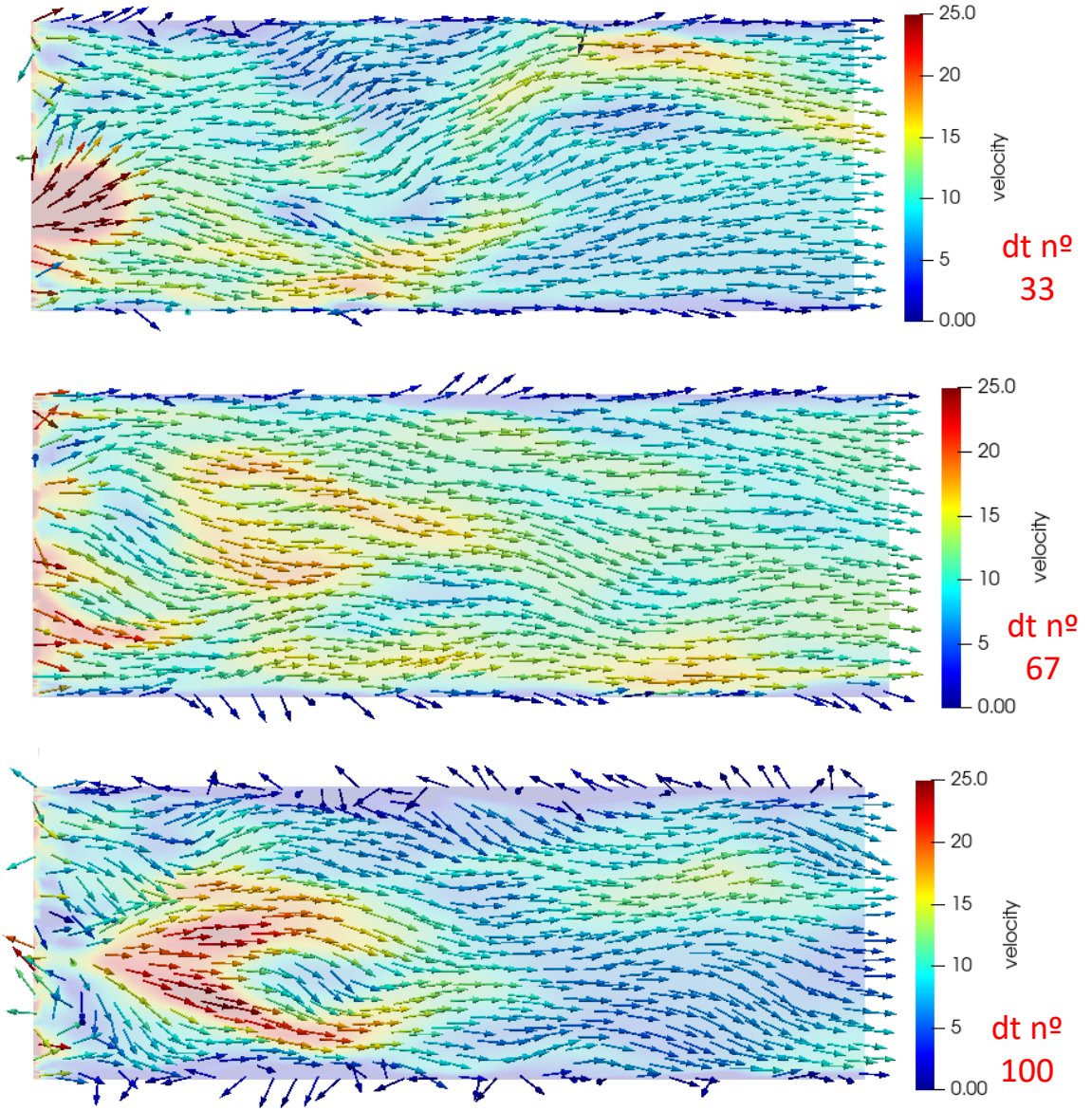
- Para dar valores a la turbulencia se puede incluir una tarjeta de Turbulencia Sintética o Artificial en el archivo inp y modificar el inlet según muestra la imagen para indicar los valores de la turbulencia.
- En este caso se cogen valores elevados para ver bien el fenómeno, similares a los que establece un ejemplo de Ansys Fluent de este tipo.
- Valores adecuados de los parámetros de turbulencia (K-omega o K-épsilon) pueden estimarse con herramientas online como:
  - https://www.cfd-online.com/Tools/turbulence.php
  - https://2022.help.altair.com/2022.1/hwcfdsolvers/acusolve/topics/acusolve/training_manual/inlet_turb_params_r.htm

```
# +-----------------------------------------------------------------------+
# | Turbulence model options                                              |
# +-----------------------------------------------------------------------+

TURBULENCE_MODEL_PARAMETERS {
    synthetic_turbulence_input_type = k_omega
}
```

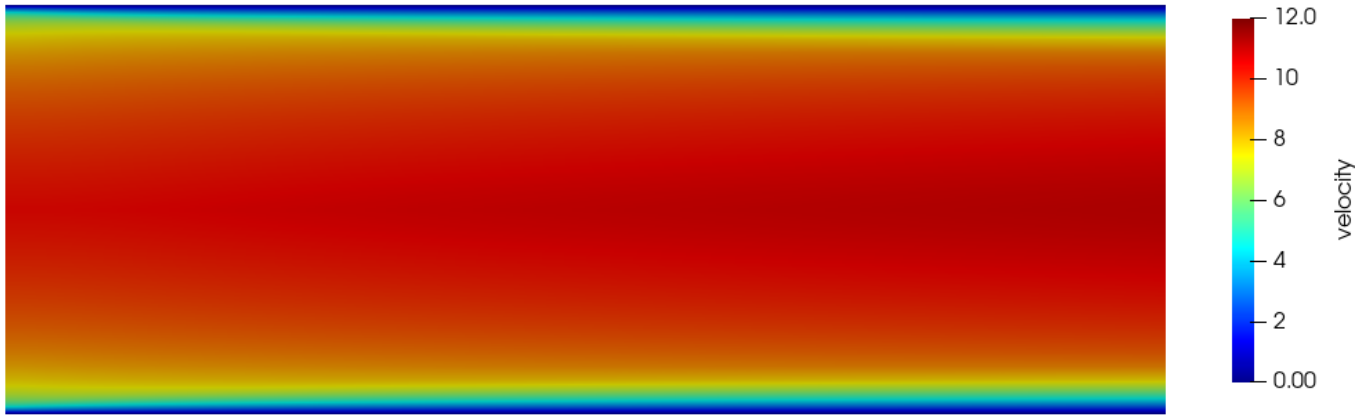
```
# +-----------------------------------------------------------------------+
# | Simple Boundary Condition                                             |
# +-----------------------------------------------------------------------+

SIMPLE_BOUNDARY_CONDITION( "Inlet" ) {
    surface_sets                    = { "StablePipe_ConPert.SurfaceSet_3.quad4.SolidBody_2_1.hex8" }
    type                            = inflow
    inflow_type                     = velocity
    inflow_velocity_type            = cartesian
    x_velocity                      = 8
    active_type                     = all
    precedence                      = 1
    synthetic_turbulence            = on
    kinetic_energy                  = 500
    eddy_frequency                  = 200
}
```

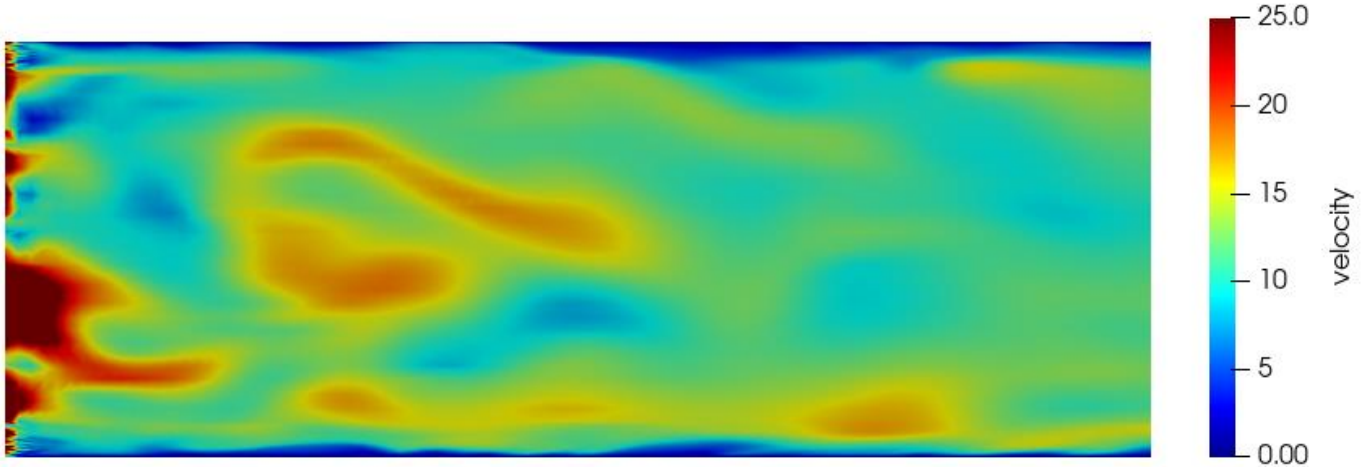
Turbulencia artificial

- Al introducir la turbulencia artificial, aun manteniendo el resto de condiciones iguales en la simulación, los resultados se vuelven mucho más inestables y se forman estructuras de torbellinos que el método LES puede captar.
- En las paredes aparecen recirculaciones. Las flechas que parecen salirse se deben a la representación del campo con tamaño de flecha uniforme. Su color azul oscuro muestra que la velocidad es en realidad muy baja.



- Se puede comprobar que la simulación LES permite ver las estructuras de torbellinos que forma el flujo en el transitorio.
- Estas están muy condicionadas por los parámetros a la entrada, que pueden hacer variar enormemente los resultados.
- La estimación de los parámetros de turbulencia a la entrada no siempre es sencilla, y se debe hacer con cuidado si se quieren obtener soluciones realistas del flujo.





EDIFICIO ANTARES

C/ INDUSTRIAS, 8

28923 – ALCORCÓN (Madrid) – España

Tel.(+ 34) 910 569 228 – (+ 34) 629 87 94 37

. . . . .

info@icemm.es

www.icemm.com