

## Rúbrica de Evaluación – Tarea 3

La presente rúbrica establece los criterios con los cuales se evaluará la Tarea 3 del curso Computación Científica y Ciencia de los Datos. Esta tarea está orientada a la simulación de un sistema de dinámica de fluidos, con el objetivo de implementar un modelo computacional que represente fenómenos físicos del flujo, validar los resultados mediante experimentos controlados, y optimizar la implementación en términos computacionales y científicos.

La evaluación considera la calidad de la documentación, la precisión de la simulación, la correcta interpretación física de los resultados, y la eficiencia computacional. También se considera un ítem bonificable por visualización avanzada y validación empírica de patrones de flujo complejos.

Cada criterio será evaluado de acuerdo con los siguientes niveles de desempeño:

- Muy bien (91% a 100%)
- Bien (80% a 90%)
- Regular (60% a 79%)
- Insuficiente (59% o menos)

Categorías evaluadas por cada pregunta

### **Pregunta 1:** Documentación y presentación general del trabajo en Jupyter Notebook

Se evalúa la claridad y calidad del contenido, la estructura del informe, la redacción general y la interpretación de resultados. Se espera un documento bien organizado, con explicaciones completas en celdas de texto (Markdown), orden lógico y una redacción adecuada al contexto académico. Debe documentar de forma clara y prolija la resolución de la tarea y los experimentos realizados, describiendo en detalle el enfoque utilizado, los resultados obtenidos, y los supuestos asumidos. La extensión del texto explicativo debe limitarse aproximadamente a ocho páginas de contenido (sin considerar gráficos ni bloques de código), como referencia comparativa razonable para evitar textos excesivos o poco claros. Se deben usar gráficos y animaciones que ayuden a interpretar el comportamiento del flujo simulado. Se espera que las animaciones estén correctamente renderizadas (matplotlib.animate u otro método) y que los bloques principales de código incluyan mediciones de tiempo (%%time) para documentar la eficiencia. Un gráfico bien diseñado puede reemplazar largas explicaciones, pero se penalizará el uso de gráficos que no sean autoexplicativos o sin análisis asociado.

### **Pregunta 2:** Adaptación del simulador base y análisis del rango funcional

Se evalúa la correcta adaptación del simulador basado en el código de CFD Python para incluir el obstáculo circular como nueva condición de borde (para velocidades  $u$ ,  $v$  y presión  $p$ ), así como la implementación de nuevas condiciones en las fronteras IN, OUT, UP y DOWN.

A partir de esta adaptación, se espera una exploración sistemática de los rangos de funcionamiento del simulador mediante la variación de parámetros como la velocidad de entrada ( $u_0$ ) y la viscosidad ( $\nu$ ), manteniendo constantes los demás. Se debe identificar y graficar la frontera de estabilidad, mostrando para qué combinaciones de parámetros la simulación falla o deja de ser confiable. Además, se debe calcular la fuerza sobre el obstáculo mediante la integración de la presión sobre su superficie, graficar su evolución en el tiempo, y analizar el comportamiento del sistema al acercarse a los límites de estabilidad, justificando numérica o físicamente los fallos.

**Pregunta 3:** Mejora del simulador para ampliar los rangos de estabilidad

Se evalúa la implementación de estrategias para ampliar la frontera de funcionamiento del simulador. Esto puede incluir mejoras como el refinamiento de la malla alrededor del obstáculo (ej., mediante mallas no uniformes, combinación de subdominios, o aumento selectivo de resolución), y/o la modificación del método de resolución de la ecuación de Poisson para la presión, como el uso de métodos matriciales o funciones especiales. Se espera que el estudiante compare gráficamente el nuevo rango obtenido respecto al anterior, y que justifique técnicamente las mejoras introducidas y su impacto en la estabilidad y precisión de la simulación.

**Pregunta 4 (BONUS):** Reproducción de la calle de vórtices de Von Kármán

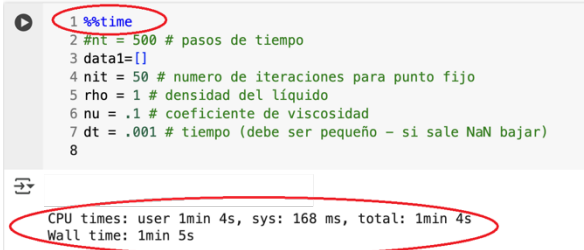
Se evaluará la capacidad del simulador mejorado para reproducir el fenómeno de la avenida de vórtices de Von Kármán, al menos durante un periodo breve de simulación. La visualización puede consistir en animaciones de vorticidad, trayectorias de partículas, líneas de corriente u otros indicadores, y debe ir acompañada de una interpretación física que evidencie el comportamiento alternado característico del flujo detrás del obstáculo.

Exigencias y aclaraciones para el desarrollo de la tarea

Si el trabajo entregado no cumple con estas exigencias, se aplicará una penalización en la evaluación.

1. Asegúrese de que todos los bloques del Jupyter Notebook estén correctamente ejecutados. Es obligatorio incluir la medición de tiempos de ejecución utilizando la instrucción `%%time` al inicio de los bloques principales de código, tal como se ejemplifica en la imagen de referencia. Esta instrucción es clave para documentar el rendimiento computacional de cada bloque y será considerada evidencia de ejecución y eficiencia del código.

Además, las animaciones deben quedar ya renderizadas de forma que no se requiera volver a ejecutarlas manualmente. Esto facilitará la revisión y evitará tiempos de espera innecesarios..



The image shows a Jupyter Notebook cell with a code block and its execution output. The code block contains 8 lines of Python code. The first line, `1 %%time`, is circled in red. The output below the code block shows the execution time: `CPU times: user 1min 4s, sys: 168 ms, total: 1min 4s` and `Wall time: 1min 5s`. These lines of output are also circled in red.

```
1 %%time
2 #nt = 500 # pasos de tiempo
3 data1=[]
4 nit = 50 # numero de iteraciones para punto fijo
5 rho = 1 # densidad del líquido
6 nu = .1 # coeficiente de viscosidad
7 dt = .001 # tiempo (debe ser pequeño - si sale NaN bajar)
8
```

CPU times: user 1min 4s, sys: 168 ms, total: 1min 4s  
Wall time: 1min 5s

2. Las explicaciones sobre el funcionamiento del código deben presentarse en celdas de texto (Markdown) fuera del bloque de código. El código puede incluir comentarios breves si es necesario, pero no debe contener explicaciones extensas en forma de texto dentro del bloque. Se espera que las funciones o bloques de código sean explicados de manera clara, resumida y precisa fuera del bloque de código, indicando su propósito y funcionamiento general.
3. En caso de discrepancia en la calificación, el estudiante tendrá la posibilidad de defender su tarea mediante una presentación oral ante los profesores responsables del curso. Esta instancia tiene por objetivo aclarar dudas respecto al trabajo entregado y justificar el proceso seguido para su desarrollo. Situaciones como el uso inapropiado o excesivo de herramientas de inteligencia artificial, sin comprensión demostrable del contenido, podrán ser consideradas como motivo para solicitar esta defensa. La presentación permitirá evaluar si el estudiante domina efectivamente lo expuesto en su entrega.

Se recomienda utilizar esta pauta como guía durante el desarrollo de la tarea.

Pregunta	Categoría	Muy bien 91% a 100%	Bien 80% a 90%	Regular 60% a 79%	Insuficiente 59% y menos	Ponderación en el puntaje de la pregunta
1	Contenido	El contenido presentado en el Jupyter Notebook es claro, preciso, está relacionado con el problema planteado y no excede ocho páginas de texto en formato carta (sin considerar gráficos ni bloques de código). La validación se realizará exportando el notebook como PDF, excluyendo gráficos y bloques de código.	El contenido tiene cierto orden y relación con el problema, pero la secuencia del desarrollo no es completamente clara o se extiende entre 9 y 11 páginas de texto.	El contenido está desordenado y/o resulta confuso, o bien, el documento contiene entre 12 y 15 páginas de texto (sin considerar gráficos ni bloques de código).	El contenido no está presentado en el Jupyter Notebook o no guarda relación con el problema planteado.	25%
1	Estructura	El trabajo incluye las secciones de introducción (presentación del tema y objetivos), desarrollo (explicación y análisis de los resultados), y conclusiones (resumen y reflexión), o bien secciones equivalentes que aborden estos puntos claramente.	El trabajo incluye las secciones básicas, pero no aborda todos los puntos requeridos en cada una.	El trabajo no presenta todas las secciones solicitadas, o bien, estas se encuentran incompletas o mal organizadas.	El trabajo no incluye las secciones básicas (introducción, desarrollo y conclusiones), o no sigue una estructura coherente y lógica para su lectura.	25%

1	Redacción	El texto presenta una redacción adecuada al nivel académico, sin faltas de ortografía, errores gramaticales o problemas de sintaxis.	Presenta algunas faltas de ortografía, gramática o sintaxis, pero no afectan gravemente la comprensión del texto.	Presenta numerosas faltas de ortografía, gramática o sintaxis que afectan la claridad del contenido.	Presenta una cantidad considerable de errores que dificultan o imposibilitan la comprensión del texto.	25%
1	Código	Explica de forma clara y correcta el método utilizado para mejorar la eficiencia del código implementado.	La explicación contiene un error, pero en general es comprensible.	La explicación presenta dos o tres errores que afectan la comprensión de la mejora implementada.	No se explica el método utilizado para mejorar la eficiencia del código.	25%
2	Implementación del obstáculo	Condiciones de borde para u, v y p correctamente aplicadas al obstáculo circular, con visualización clara de su efecto.	Se agregan pero con errores menores.	Se agregan parcialmente o con errores evidentes.	No se implementa correctamente.	20%
2	Condiciones de borde IN, OUT, UP, DOWN	Condiciones modificadas de forma correcta y lógica para representar paredes móviles y flujo libre.	Ligeros errores en implementación.	Cambios incompletos o inconsistentes.	No se modifican o resultan erróneas.	15%
2	Fuerza sobre el obstáculo	Cálculo correcto de la fuerza mediante integración de presión en el contorno del obstáculo, con visualización de su evolución temporal.	Implementación con pequeños errores o sin interpretación temporal.	Cálculo poco claro o sin relación física directa.	Sin implementación o con errores significativos.	20%
2	Análisis de fallo	Justificación clara del fallo numérico con soporte gráfico o evidencia de inestabilidad.	Justificación tentativa pero incompleta.	Justificación poco clara o sin conexión con los datos.	Sin análisis o sin interpretación válida.	15%
2	Variación de parámetros	Exploración de al menos tres combinaciones de velocidad $u_0$ y viscosidad $\nu$ , manteniendo constantes los demás parámetros.	Exploración adecuada pero sin sistematización clara.	Exploración limitada o sin análisis cuantitativo.	Exploración insuficiente o sin interpretación.	15%
2	Visualización de frontera de funcionamiento	Gráfico claro y legible que muestre la frontera $u_0$ vs $\nu$ con interpretación del rango de estabilidad.	Gráfico presente pero análisis superficial.	Gráfico confuso o mal interpretado.	No se presenta frontera o no se entiende.	15%

3	Refinamiento de la malla	Se implementa malla adaptativa o segmentada eficientemente, enfocada cerca del obstáculo.	Aumento global de resolución con análisis de costos.	Cambios mínimos o no justificados.	No se modifica la malla.	40%
3	Evaluación de la mejora obtenida	Se muestra clara expansión del rango funcional (frontera $u_0$ vs $v$ ) comparando antes y después.	Se observa mejora pero sin cuantificación clara.	Mejora sugerida pero sin evidencia numérica.	No se evalúa el efecto de la mejora.	40%
3	Mejora del método de presión	Se implementa correctamente un método alternativo.	Intento parcial de modificación con avance técnico.	Se menciona como idea pero no se desarrolla.	Sin intento o sin mención.	20%
4	Generación de vórtices de Von Kármán	Se visualiza correctamente el fenómeno con animaciones y explicación física.				100%