

Mecánica tensorial

0-Programa calendario

Diego Andrés Álvarez Marín

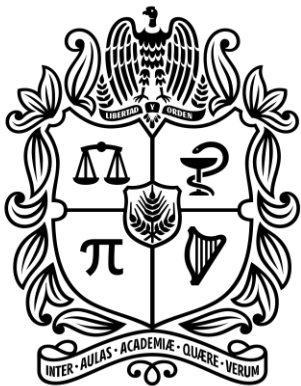
daalvarez@unal.edu.co

Profesor asociado en dedicación exclusiva

Juan Nicolas Ramírez Giraldo

jnramirezg@unal.edu.co

Docente ocasional



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

"Cum cogitaveris quot te antecedant, respice quot sequantur"

Séneca

Departamento de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Nacional de Colombia
Sede Manizales

Asignatura

“Además de enseñar, enseña a dudar de lo que haz enseñado.”

José Ortega y Gasset



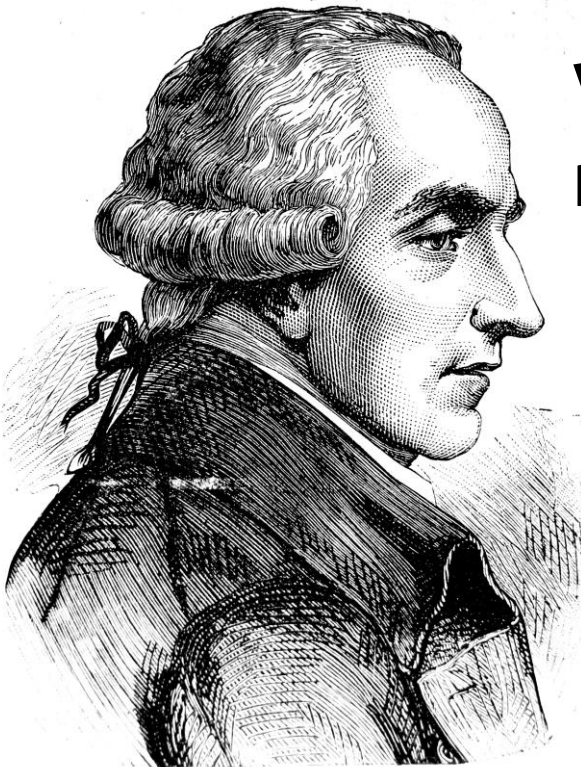
Fuente: <https://bit.ly/2YlwAEO>

Asignatura

“Las preguntas más importantes de la vida, de hecho, **no** son en su mayoría **más** que problemas de probabilidad”

Pierre-Simon Laplace

Confiabilidad → incertidumbre → aleatoria
→ epistémica
Límites del conocimiento ↪



Fuente: <https://bit.ly/3a5BacB>

Asignatura

Literal (a), (f) y (h) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Nombre:	Mecánica tensorial
Código:	4200687
Créditos:	4

Porcentaje mínimo de asistencia	80%
¿Asignatura validable?	No

Ver [malla curricular](#)

Ver [plan de estudios](#)

Asignatura

La asignatura tiene los objetivos de:

- Conocer los principios rectores de la mecánica de medios continuos (sólidos y fluidos) a través de su formulación matemática por medio de tensores, en los sistemas de coordenadas espacial y material (Euler y Lagrange) y las ecuaciones fundamentales de la mecánica del medio continuo (masa, momentum, energía), de manera que se pueda comprender la formulación de toda clase de problemas de sólidos y fluidos.
- Conocer los elementos básicos de Hooke, Newton y Coulomb que permiten modelar matemáticamente problemas de elasticidad, plasticidad, viscosidad, visco-elasticidad, visco-plasticidad, relajación y reptación. Aplicar los conceptos adquiridos a la formulación de las ecuaciones básicas de sólidos elásticos y fluidos Newtonianos.

Asignatura

¿Qué significa 1 crédito académico?

“Un crédito es la unidad que mide el tiempo que el estudiante requiere para cumplir a cabalidad los objetivos de formación de cada asignatura y equivale a **48 horas de trabajo del estudiante**. Éste incluirá las actividades presenciales que se desarrollan en las aulas **con el profesor**, las actividades con orientación docente realizadas **fuera de las aulas** y las actividades **autónomas** llevadas a cabo por el estudiante, además de prácticas, preparación de exámenes y todas aquellas que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje.”

* [art. 6](#) Acuerdo 033 de 2007 del CSU

	Horas/semana	Horas/semestre
Actividad presencial	4	64
Actividad autónoma	8	128
Total	12	192 = 48*4

 El 67% del tiempo

Asignatura

Prerrequisitos

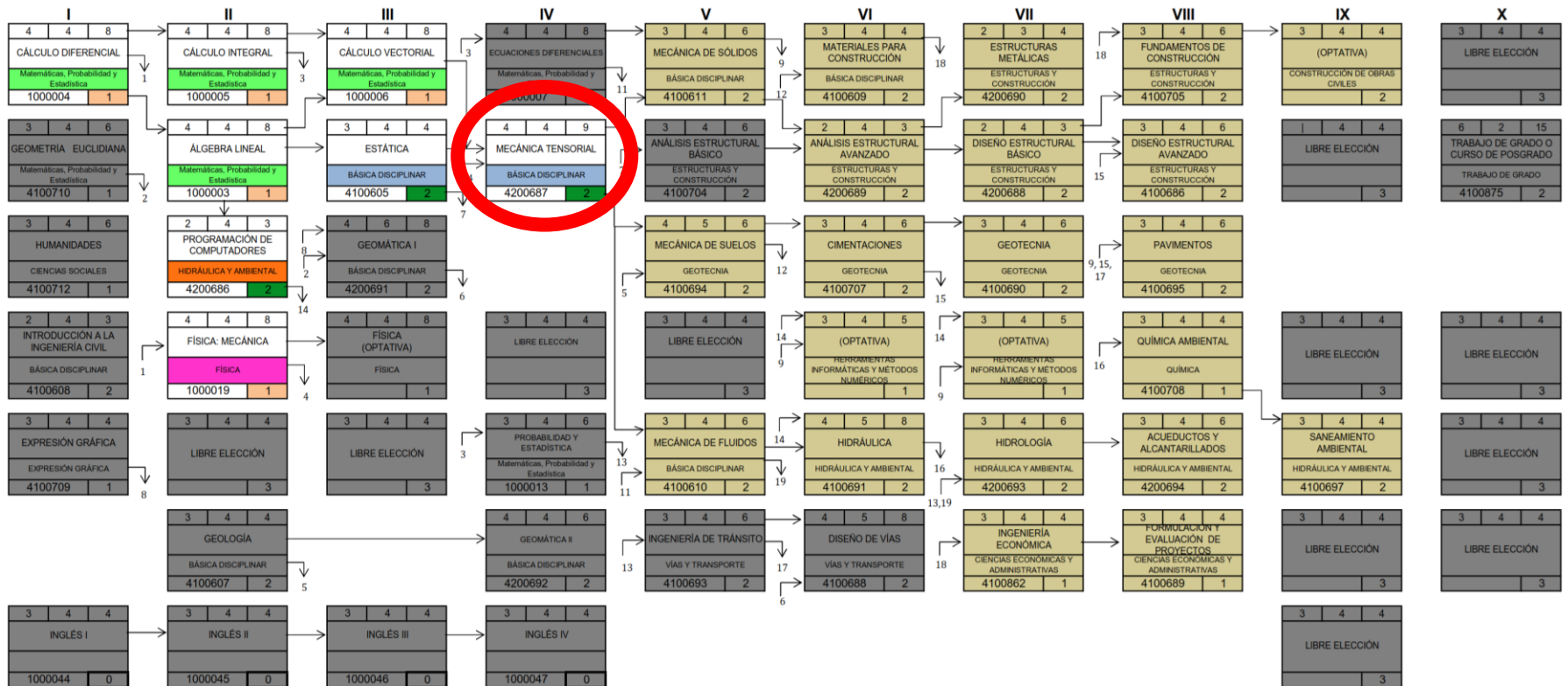
4100605 - Estática

1000006 – Cálculo vectorial

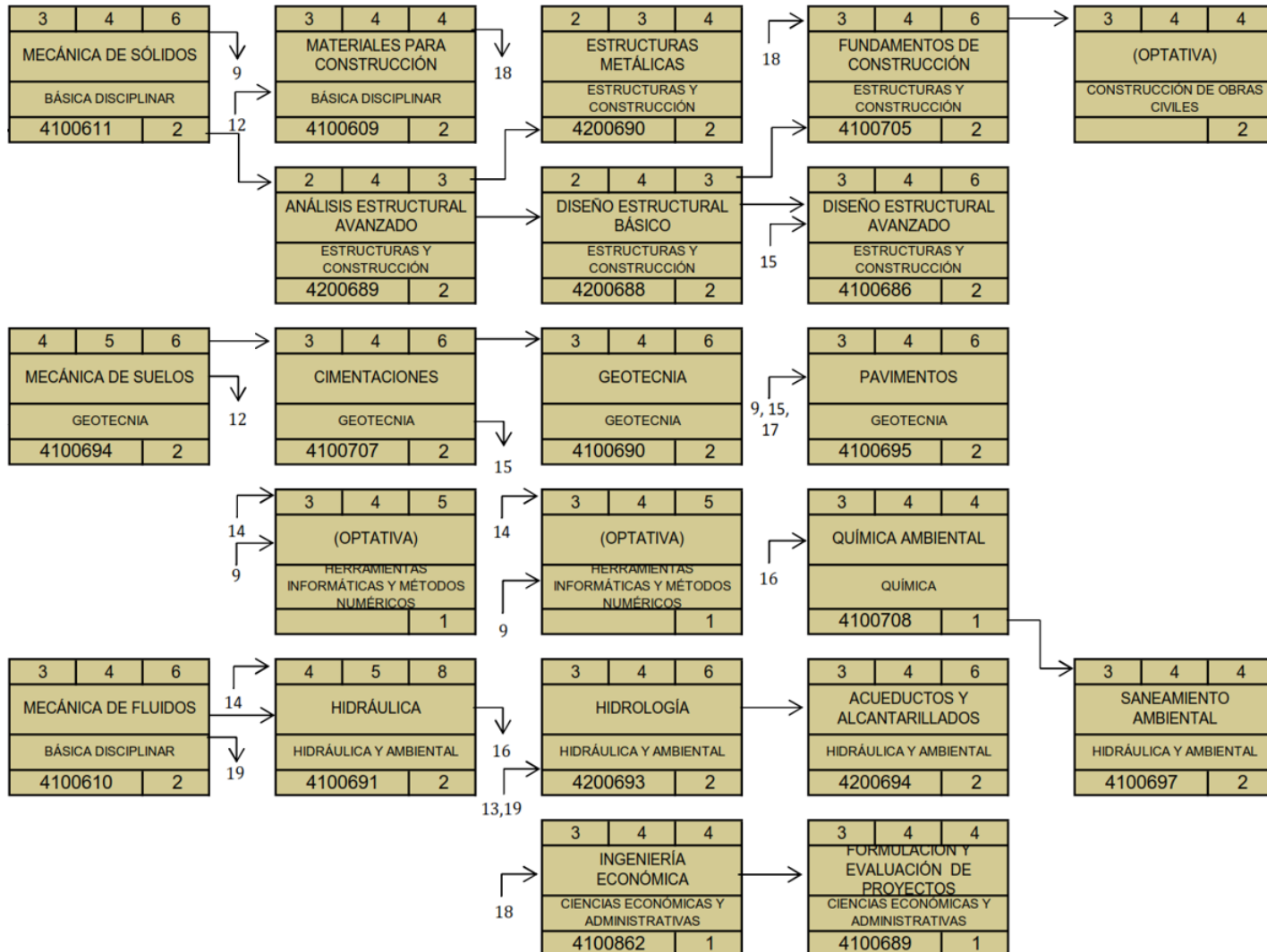
Cálculo Diferencial	Física Mecánica
Cálculo Integral	Álgebra Lineal
Programación de Computadores (*)	

(*) No está definido en el Acuerdo 300 de 2018 del CFIA

Asignatura



Asignaturas siguientes



Metodología



Prof. Feynman

@ProfFeynman



The difference between a good student and a great one is that a good student is concerned more about the outcome while a great one is fascinated by the process of learning.

7:51 AM · Aug 6, 2022

Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

El curso se desarrollará con aspectos pedagógicos como:

- **Clases presenciales magistrales** en las que se explican los conceptos más relevantes con la **libre** participación de los estudiantes, el respeto por sus opiniones y la construcción de soluciones comunes.
- **Exámenes** con preguntas teóricas, preguntas **conceptuales** y demostraciones.
- **Diapositivas** con el contenido **necesario** y **enlaces** al explorador.
- La mayoría del contenido será enseñado usando el **tablero**.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 0: Repaso (trabajo autónomo)

Repaso de álgebra lineal (teoría y ejercicios de aplicación)

- Cosenos directores.
- Proyección de vectores.
- Producto punto, producto cruz.
- Norma de un vector.
- Matrices.
- Determinantes.
- Valores y vectores propios.
- Espacios vectoriales.
- Vectores linealmente dependientes/independientes.
- Bases.
- Planos y líneas rectas.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 0: Repaso (trabajo autónomo)

Repaso de cálculo vectorial (teoría y ejercicios de aplicación)

- Gradiente.
- Matriz jacobiana y jacobiano.
- Divergencia.
- Rotacional.
- Diferenciales (se estudió en cálculo vectorial).
- Expansión en series de Taylor (univariada y multivariada).
- Regla de la cadena (univariada y multivariada).
- Campo vectorial (definición y ejemplos sencillos).

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 1: Análisis de tensiones

- ¿Qué es un sólido?
- Diferenciales de primer, segundo y tercer orden.
- Fuerzas que actúan sobre un sólido.
- Nomenclatura.
- ¿Qué es un esfuerzo (tensión)?
- Estudio de las tensiones en un punto bidimensional.
- Estudio de las tensiones en un punto tridimensional.
- Notación tensorial.
- Cambio de base.
- Matriz de esfuerzos expresada en otro sistema de coordenadas.
- Esfuerzos normales y tangenciales sobre un plano.
- Esfuerzos y direcciones principales.
- Círculo de Mohr en 2D y 3D.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 2: Análisis de deformaciones pequeñas

- Desplazamientos.
- Traslación y rotación rígida.
- Deformaciones longitudinales y angulares.
- Tensor de deformaciones infinitesimales.
- Galgas extensométricas.
- Especificación de la deformación en otras direcciones.
- Rotación.
- Deformaciones principales.
- Círculo de Mohr en 2D y 3D.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 3: Relaciones entre esfuerzos y deformaciones

- Materiales frágiles y materiales dúctiles.
- Comportamiento elástico y plástico de los materiales dúctiles.
- La ley de Hooke y los módulos de Young y Poisson.
- Relación entre las direcciones principales asociadas a los esfuerzos y a las deformaciones para materiales isótropos u ortótropos.
- Cambios de volumen y la dilatación cúbica.
- Cambio de volumen de un sólido (teorema de la divergencia).
- Módulo de expansión volumétrica o módulo de compresibilidad.
- Modelos básicos de materiales: Hooke, Newton y Coulomb.
- Determinación experimental de las características de los modelos.
- Modelación unidimensional de: elasticidad, plasticidad, viscosidad, visco-elasticidad, visco-plasticidad, relajación y reptación.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 4: Análisis de grandes deformaciones

- Descripciones de Lagrange y Euler.
- Derivada material.
- Tensor gradiente de deformación.
- Tensores de Cauchy-Green, Cauchy-Lagrange, Euler-Almansi.
- Descomposición polar.
- Tasa de deformación, tensor de giro, vector de velocidad angular.
- Tensores de estiramiento y rotación.
- Tensor gradiente de velocidad.
- Derivadas materiales de líneas, áreas y volúmenes.
- Tensores de Piola-Kirchhoff.

Contenido

Literal (c) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Unidad 5: Ecs. de la mecánica del medio continuo

- Movimiento, flujo y derivada material.
- Velocidad, aceleración, líneas de traza, tasa de deformación y vorticidad.
- Conservación de masa y ecuaciones de continuidad.
- Derivadas materiales de volumen, área y líneas.
- Tránsito distribuido de crecientes y clasificación de modelos distribuidos.
- Conservación de la masa, continuidad, momentum, energía.
- Primera y segunda ley de termodinámica.
- Principio del trabajo virtual.

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Calendario académico 2023-1s

Mecánica tensorial– Gr1	
Inicio:	lunes 06 de febrero de 2023
Semana santa	lunes 03 de abril de 2023– sábado 08 de abril de 2023
Fin:	miércoles 31 de mayo de 2023
Notas SIA:	hasta las 5PM del viernes 9 de junio de 2023

[Res. 1148 de 2022 de Rectoría](#)

Lunes 16:00h – 18:00h (Aula C401) [Lu16-18 C401]

Miércoles 16:00h – 18:00h (Aula C310) [Mi16-18 C310]

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Actividad evaluativa	%	Fecha	Encargado
Evaluación parcial 1	10%	miércoles 22 de febrero de 2023	Juan Nicolás
Evaluación parcial 2	15%	miércoles 08 de marzo de 2023	Juan Nicolás
Evaluación parcial 3	25%	miércoles 12 de abril de 2023	Juan Nicolás
Evaluación parcial 4	25%	miércoles 10 de mayo de 2023	Juan Nicolás
Evaluación parcial 5	25%	miércoles 31 de mayo de 2023	Diego Andrés

Sobre la evaluación:

- Serán evaluados los temas vistos hasta la semana antes del examen (excepto el 5), incluido los temas de **estudio autónomo**.
- La evaluación parcial 1 es sobre los temas de estudio autónomo de la unidad 0 (repaso).

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Sobre la evaluación

- Los exámenes serán individuales.
- Los exámenes tendrán una duración mínima de 60 minutos con preguntas conceptuales, de demostración o aplicadas a programación. Constarán de mínimo 2 preguntas.
- En algunos casos será posible que la calificación sea superior a 5.0 con previa manifestación por parte del docente.

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Sobre la evaluación

- Cualquier forma de **plagio** o **copia** será penalizada con la normativa vigente de la Universidad y será causante de pérdida de cualquier beneficio adicional dado por el docente.
- El docente previamente podrá autorizar durante el examen el uso de una hoja tamaño **carta (blanca)** por **un solo lado** elaborada a puño y letra con **ecuaciones** (no demostraciones), **comandos** de Python, pseudocódigo y **palabras claves** (no párrafos).
- No será posible el uso de ninguna herramienta digital, ni calculadora.

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Falta a una actividad evaluativa

- Siempre que usted falte a una actividad evaluativa, deberá haber algún documento que lo exonere de dicha inasistencia. Cuando usted por algún motivo de fuerza mayor no pueda asistir al examen, usted debe avisarle al profesor con anterioridad ya sea personalmente o por correo. En esos casos en lo posible, debe demostrarlo. Sin una excusa o una notificación previa no se repetirán los exámenes y usted tendrá como nota un cero (0.0).

Cronograma y evaluación

Literales (d) y (e) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU



Cronograma de actividades académicas 2023-1s
Departamento de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Sede Manizales

Asignatura: 4200687 Mecánica tensorial

Docentes: Diego Andrés Álvarez Marín (daalvarez@unal.edu.co)
Juan Nicolás Ramírez Giraldo (jnramirezg@unal.edu.co)

Actividad	2023-02-06	2023-02-08	2023-02-13	2023-02-15	2023-02-20	2023-02-22	2023-02-27	2023-03-01	2023-03-06	2023-03-08	2023-03-13	2023-03-15	2023-03-20	2023-03-22	2023-03-27	2023-03-29	2023-04-03	2023-04-05	2023-04-10	2023-04-12	2023-04-17	2023-04-19	2023-04-24	2023-04-26	2023-05-01	2023-05-03	2023-05-08	2023-05-10	2023-05-15	2023-05-17	2023-05-22	2023-05-24	2023-05-29	2023-05-31	2023-06-05	2023-06-07			
	1	2	3	4	5	6	7	8	SS	9	10	11	12	13	14	15	16	SF																					
Evaluación parcial 1				x																																			
Evaluación parcial 2									x																														
Evaluación parcial 3																			x																				
Evaluación parcial 4																																							
Evaluación parcial 5																																			x				
	Temas calificación parcial 1 y 2				Temas calificación parcial 3														Temas calificación parcial 4				Temas calificación parcial 5																
	25%				25%														25%				25%																
	Juan Nicolás Ramírez Giraldo												Diego Andrés Álvarez Marín																										

Referencias bibliográficas curso

Literal (g) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Textos principales

Álvarez Marín, D. A. (2022). *Teoría de la elasticidad usando Matlab y Maxima*. Tomo I: Fundamentos (1ra ed.) Manizales: Universidad Nacional de Colombia. En proceso de edición y publicación por la Universidad Nacional de Colombia



Por favor no compartir este libro con nadie, ni subirlo a ningún repositorio. Será enviado a su correo para uso únicamente con fines de estudio. Debido a que se encuentra en publicación, se deben tener estas precauciones. Inmediatamente se publique, su uso será libre.

La “wiki” (puntos adicionales en al definitiva)

la “wiki” será administrada por el profesor Diego Andrés Álvarez.

Lai, M., Krempl, E, Ruben, D. (2010) - *Introduction to Continuum Mechanics*. Elsevier

Referencias bibliográficas curso

Literal (g) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Otros textos

- Álvarez, Diego A. (2023). *Notes for a course on continuum mechanics*. En preparación.
- Oliver, X., Agelet, C. (2002). *Mecánica de Medios Continuos para Ingenieros*.
- Bonet, J., Gil, A.J., Woods, R (2016). *Nonlinear Solid Mechanics for Finite Element Analysis*. Cambridge.
- Mase, G., Smelser, R.E., Mase, G.E. (2009). *Continuum Mechanics for Engineers*.

Referencias bibliográficas curso

Repaso de álgebra lineal

- Sánchez, Rubén (2005). Fundamentos de álgebra lineal.
- Sánchez, Rubén (1990). Curso básico de álgebra lineal.
- Vídeo tutorial en inglés: [Essence of linear algebra](#)
- Vídeo tutorial en español: [La esencia del álgebra lineal](#)

Comunicación con los docentes



Correo institucional:

jnramirezg@unal.edu.co

daalvarez@unal.edu.co

Asunto: MECÁNICA_TENSORIAL(**escribir_asunto**)

- No se atenderán dudas a través de otros medios como WhatsApp.
- Solo serán tenidos en cuenta los correos recibidos a través de cuentas institucionales **unal.edu.co**
- Todo el material de clase estará disponible en el repositorio de los docentes
https://github.com/jnramirezg/mecanica_tensorial
<https://github.com/diegoandresalvarez/tensorial>

Normativa importante

Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Ver [Acuerdo 008 de 2008 del CSU](#)

ARTÍCULO 10. En cada período académico los estudiantes o admitidos a un programa de pregrado deberán inscribir asignaturas que sumen diez (10) créditos como mínimo.

ARTÍCULO 11. Durante su permanencia en la Universidad, cada estudiante de pregrado tendrá un cupo de créditos para inscripción de asignaturas. Este cupo corresponde a los créditos que contempla el plan de estudios para el que fue admitido más un cupo adicional.

El cupo adicional de créditos será la mitad del mínimo de los créditos que contempla el plan de estudios para el que fue admitido y hasta un máximo de ochenta (80) créditos. El cupo adicional se obtiene gradualmente, sumando dos (2) créditos por cada crédito aprobado.

ARTÍCULO 12. Los créditos de las asignaturas inscritas por los estudiantes de pregrado en cada periodo académico se contabilizarán como créditos inscritos y se descontarán del cupo de créditos para inscripción.

Normativa importante

Acuerdo 008 de 2008 del CSU

ARTÍCULO 15. Cancelación de asignaturas. Los estudiantes podrán cancelar asignaturas libremente, sin requisito alguno, antes de completarse el cincuenta por ciento (50%) del período académico.

ARTÍCULO 16. Los créditos de las asignaturas canceladas por estudiantes de pregrado se descontarán del cupo de créditos para inscripción.

PARÁGRAFO. Cuando la cancelación se realice antes de finalizar la segunda semana del período académico o cuando ésta se autorice de forma excepcional, los créditos correspondientes se reintegrarán al cupo de créditos para inscripción.

ARTÍCULO 19. Reserva de cupo. La reserva de cupo es la suspensión temporal de los estudios por un periodo académico. Los estudiantes que no hagan uso del derecho de renovación de matrícula estarán en reserva de cupo. Durante una reserva de cupo no se tiene la calidad de estudiante.

ARTÍCULO 20. Durante el desarrollo de un programa curricular cada estudiante podrá tener hasta dos (2) reservas de cupo. Al término de una reserva de cupo el estudiante podrá reintegrarse automáticamente si cumple con los demás requisitos exigidos para la renovación de matrícula.

Normativa importante

Acuerdo 008 de 2008 del CSU

ARTÍCULO 32. Cuando la asistencia mínima exigida en el programa-asignatura no se cumpla, la asignatura se calificará con la nota de cero punto cero (0.0).

ARTÍCULO 33. Cuando una asignatura recibe una calificación, los créditos inscritos correspondientes se considerarán como créditos cursados. Cuando la calificación es aprobatoria se considerarán como créditos aprobados.

PARÁGRAFO. El profesor dará a conocer a sus estudiantes las calificaciones de las evaluaciones ordinarias, dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a su realización. La calificación definitiva de la asignatura deberá publicarse en el sistema de información y en las fechas que establezca la Universidad para tal fin.

ARTÍCULO 34. Los profesores son autónomos en la calificación de las evaluaciones que estén a su cargo. El estudiante tendrá derecho a solicitar al profesor la revisión cuando no esté de acuerdo con la calificación obtenida.

PARÁGRAFO. La revisión de las calificaciones de evaluaciones ordinarias podrá ser reclamada, por una sola vez, dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la entrega de la nota, ante el Director de la Unidad Académica Básica que ofrece la asignatura, quien designará dos (2) nuevos calificadores. La nota definitiva correspondiente a la prueba reclamada, será el promedio de las calificaciones otorgadas por los dos nuevos calificadores.

Normativa importante

Acuerdo 008 de 2008 del CSU

ARTÍCULO 44. Pérdida de la calidad de estudiante en Pregrado. Un estudiante de pregrado pierde la calidad de estudiante por alguna de las siguientes razones:

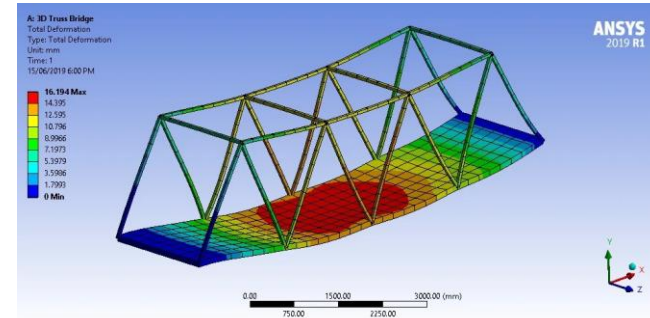
1. Culminar exitosamente los planes de estudio en los que fue aceptado.
2. No cumplir con los requisitos exigidos para la renovación de la matrícula, en los plazos señalados por la Universidad.
3. Presentar un Promedio Aritmético Ponderado Acumulado menor que tres punto cero (3.0). **Ver**
4. No disponer de un cupo de créditos suficiente para inscribir las asignaturas del plan de estudios pendientes de aprobación.
5. Recibir sanción disciplinaria de expulsión o suspensión impuesta de acuerdo con las normas vigentes.

Contenido

Cambios progresivos en ingeniería civil

Reforma mediante el [Acuerdo 300 de 2018 del CFIA](#):

- De resistencia de materiales a mecánica tensorial.
- Cambios en análisis estructural básico.
- Estructuras metálicas.
- Programación de computadores.
- Aplicaciones de elementos finitos I y II.
- Asignatura general: M. tensorial
- Asignaturas específicas: sólidos, suelos, fluidos.
- Importancia del software.
- Necesidad de una asignatura de dinámica.

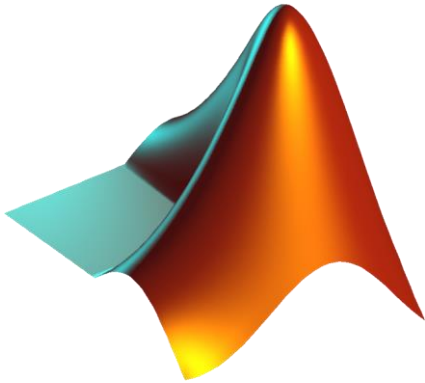


Fuente: <https://bit.ly/3wLqZVI>

Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

Lenguaje de programación



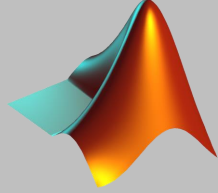


[Maxima](#)



[Lisp](#)

Metodología

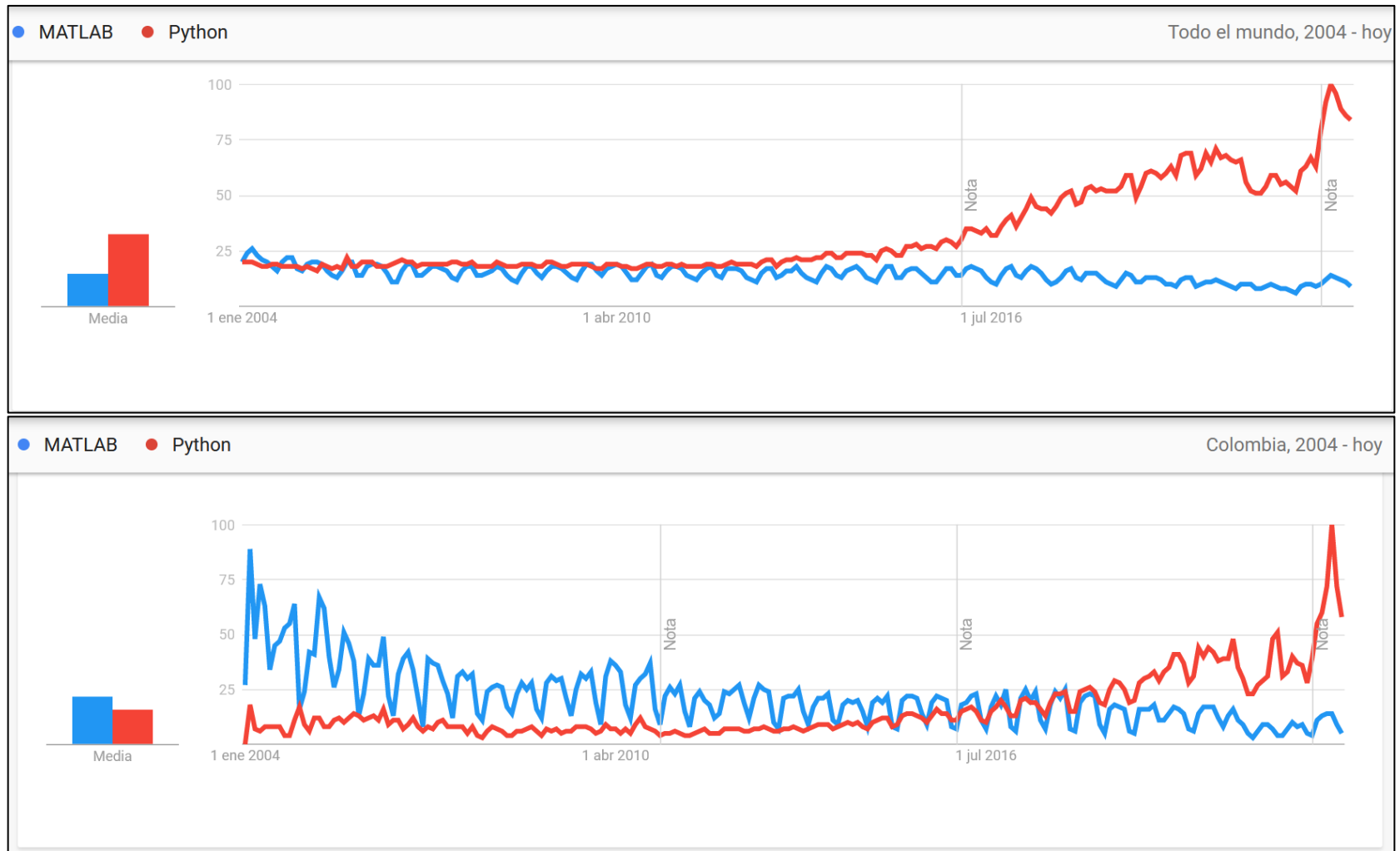
Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

		
Matlab	Python	Julia
<ul style="list-style-type: none">• Necesita licencia• Aplicaciones especializadas	<ul style="list-style-type: none">• Universalidad• Gratuidad• Soporte web amplio• Orientada a objetos	<ul style="list-style-type: none">• Velocidad• Gratuidad• Simplicidad• En desarrollo

Principales características de Matlab, Python y Julia.

Fuente: Rojas, E. M. (2020)

Metodología

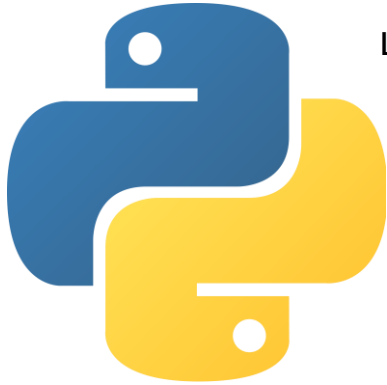


Fuente: **Google Trends**

Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

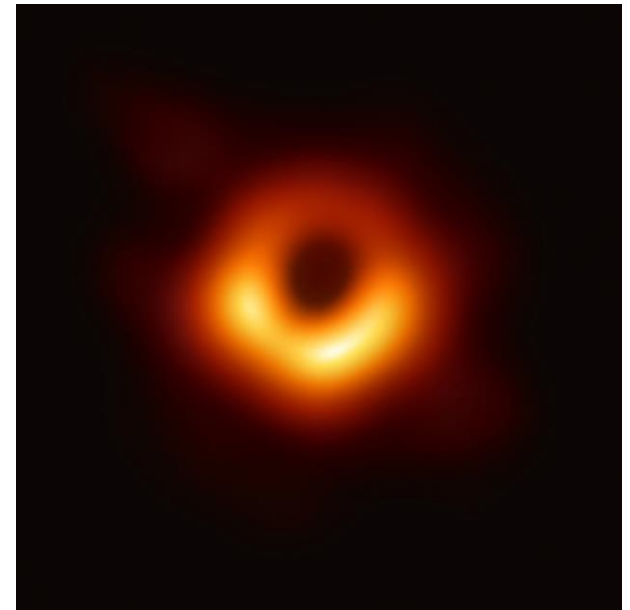
¿Por qué Python?



First M87 Event Horizon Telescope Results. III.
Data Processing and Calibration: [ver artículo](#)

How to take a picture of black hole, Katie
Bouman en TED: [ver video](#)

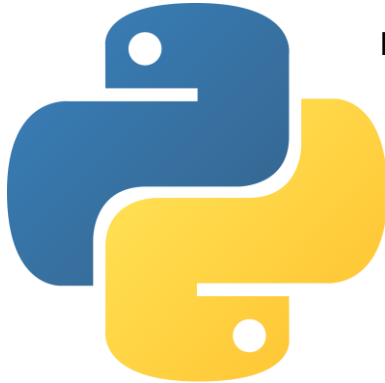
EHT Imaging: [ver en GitHub](#)



Agujero negro supermasivo
Fuente: EHT aportado a [Wikipedia](#)

Metodología

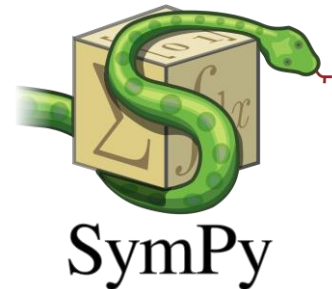
Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU



Una guía para aprender Python 3 está disponible en el repositorio del profesor **Diego Andrés Álvarez Marín** en este [enlace](#).

Trabajo autónomo:

- Tipos de datos
- Estructuras de control
- Librerías científicas: Numpy, SymPy.



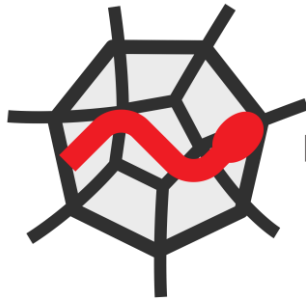
Documentación módulo SymPy de Python. Disponible en:
<https://docs.sympy.org/latest/index.html>

Documentación módulo Numpy de Python. Disponible en:
<https://numpy.org/doc/stable/>

Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU

IDE



Versión 4



Versión 5

Sp^yder

Entorno informático



Ju^{py}ter
Notebook

Google
colab

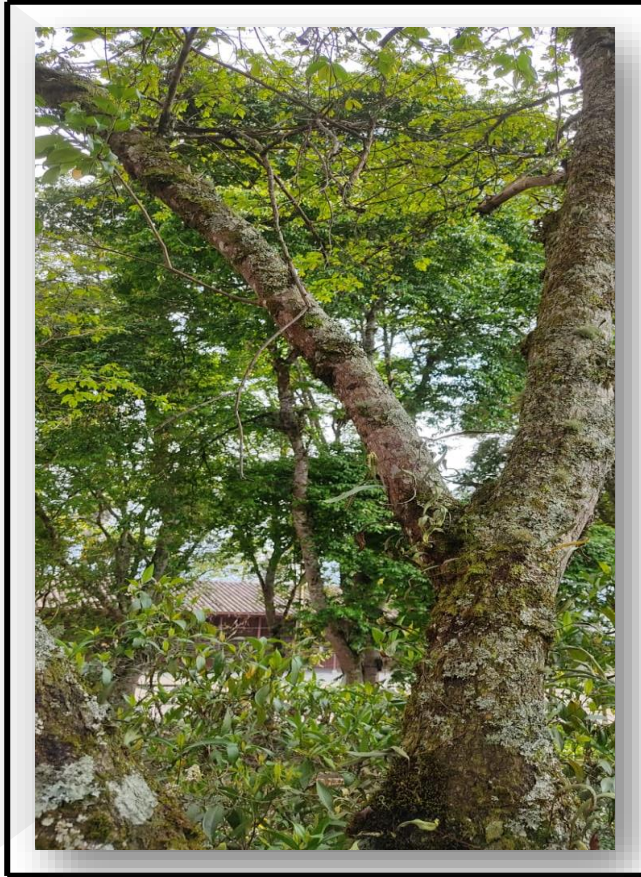
Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU



Metodología

Literal (b) del artículo 23 del Acuerdo 008 de 2008 del CSU



*No vamos a ver
ecuaciones, vamos
a sentir ecuaciones.*

Metodología

Algunas recomendaciones basadas en Héctor Ruíz Martín. Recomendando ver este vídeo: [Estrategias de aprendizaje](#)

¿Cuál es la técnica más óptima de aprendizaje?

- Ejemplo de Dick Fosbury – lo que nos gusta no siempre es mejor.

¿Funciona la estrategia de repetir y repetir?

- Ejemplo del billete de 2000 pesos.

¿Cómo se guarda la información en el cerebro?

- Dando significado, creando analogías, conectando con ideas previas.

Metodología

Algunas recomendaciones basadas en Héctor Ruíz Martín. Recomendando ver este vídeo: [Estrategias de aprendizaje](#)

¿Cómo tomar apuntes?

- Reinterpretar, resumir, complementar, cuestionar.

¿Cómo estudiar para un examen?

- Ejemplo de Dick Fosbury – lo que nos gusta no siempre es mejor.

Estudio espaciado – estudio masificado

Práctica espaciada				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Estudio 1h	Estudio 1h	Estudio 1h	Estudio 1h	Prueba

Práctica Masificada				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
			Estudio 4h	Prueba

Fuente: Ruiz Martín H. (2021).

Metodología

Algunas recomendaciones basadas en Héctor Ruíz Martín. Recomendando ver este vídeo: [Estrategias de aprendizaje](#)

¿Y si tengo varios exámenes en la misma semana?

Práctica entrelazada.



¿Estudiar solo o con los compañeros?

Fuente: Ruiz Martín H. (2021).

Referencias

Rojas, E. M. (2020). Machine Learning: análisis de lenguajes de programación y herramientas para desarrollo. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E28), 586-599.