



RESOLUCIÓN 122 DE 2023

(30 de noviembre)

Por la cual se aprueba el Proyecto Académico Educativo - PAE del programa de **Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales** adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,

EL CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

En uso de sus atribuciones legales y en especial las conferidas por la Ley 30 de 1992 y el Artículo 24 del Acuerdo 066 de 2005 y

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con lo establecido en la Ley 30 de 1992, las instituciones de educación superior son autónomas para ejercer y desarrollar sus programas académicos, teniendo como objetivo prestar a la comunidad un servicio de alta calidad, como resultado de su formación.

Que el Ministerio de Educación Nacional expidió el Decreto 1075 de 2015 - Único Reglamentario del Sector Educación.

Que el Ministerio de Educación Nacional expidió el Decreto 1330 de 2019, por el cual se sustituye el Capítulo 2, Título 3 Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 – Único Reglamentario del Sector Educación.

Que el capítulo 2 del Decreto 1330 de 2019 compilado del Decreto 1075 de 2015 del Ministerio de Educación Nacional establece las condiciones de calidad para la obtención de Registro Calificado de Programas Académicos de Educación Superior y el artículo 2.5.3.2.6.1 del decreto en mención, establece que los programas de posgrados son la formación posterior al título de pregrado que se desarrolla según el marco normativo vigente, en los niveles de especialización, maestría y doctorado

Que mediante Acuerdo 022 del 9 de junio del 2010, el Consejo Superior de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia aprobó la creación del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, con código SNIES 91058.

Que el Acuerdo 064 del 21 de noviembre de 2017 modifica parcialmente el Acuerdo 022 de 2010, en lo correspondiente al artículo 11 en su parágrafo 3, se deroga el parágrafo 5 del artículo 12, y se modifican los requisitos para obtención del título de Doctor en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.



Que mediante el Acuerdo 002 del 28 de enero del 2020 el Consejo Superior delegó al Consejo Académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia estudiar y aprobar el Proyecto Académico Educativo de los programas de posgrado que fueron creados antes de mayo de 2018 y cuentan con registro calificado vigente.

Que el Consejo de Facultad, en sesión 09 del 27 de octubre del 2023, previa recomendación del Comité de Currículo del área disciplinar de Ingeniería en Gestión integridad y corrosión mediante Acta N° 05 del 31, recomendó la aprobación del Proyecto Académico Educativo del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

Que mediante el oficio DP-289 del 23 de noviembre de 2023, el Departamento de Posgrados validó los documentos del PAE de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales adscrito a la Facultad de Ingeniería, sede Tunja, al cumplir con las normativas de la Universidad, del Ministerio de Educación Nacional y los criterios del propio Departamento.

Que el Consejo Académico, en sesión 36 del 30 de noviembre del 2023, estudio y aprobó el Proyecto Académico Educativo del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

En mérito de lo expuesto, el Honorable Consejo Académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,

RESUELVE:

ARTÍCULO 1.- Aprobar el Proyecto Académico Educativo del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales- con sede en Tunja, adscrito a la Facultad de Ingeniería.

ARTÍCULO 2.- IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA: El Programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, se identifica por las siguientes características generales:

Tabla 1. Características generales del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

Nombre del Programa	Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales
Código SNIES	91058
Sede del Programa	Tunja
Facultad /Seccional	Ingeniería
Ubicación del Programa	Tunja-Boyacá
Nivel Académico	Posgrado
Nivel de Formación	Doctorado



Nombre del Programa	Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales
Énfasis de	N/A
Modalidad	Presencial
Título que Otorga	Doctor en Ingeniería y Ciencia de los Materiales
Norma Interna de Creación	Acuerdo 022 del 09 de junio del 2010
Número de Créditos Académicos	96
Periodicidad de Admisión	Anual
Duración del programa	8 semestres
Valor de la matrícula	5 SMML V Semestrales
Número máximo de admitidos	Diez (10) estudiantes
Programa en convenio	No
*Clasificación Internacional Normalizada de Educación – CINE 2013 AC	
Campo amplio	Ingeniería, Industria y Construcción
Campo específico	Ingeniería y profesiones afines
Campo detallado	Ingeniería y profesiones afines no clasificadas en otra parte.
**Núcleo Básico del Conocimiento	
Área de conocimiento	Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines
Núcleo Básico del Conocimiento – NBC	Ingeniería de minas, metalurgia y afines
Fuente: Proyecto académico educativo del programa	

ARTÍCULO 3.- PERTINENCIA Y PROPÓSITOS DEL PROGRAMA

3.1 Marco Jurídico específico del programa

Acuerdo N° 022 de 2010, el Consejo Superior de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia aprobó la creación del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales con código SNIES 91058.

El Acuerdo 025 de 2012, por el cual se reglamentan los Estudios de Formación Posgraduada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El Acuerdo 052 de 2012, por el cual se establece el Reglamento Estudiantil de Posgrados de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El Acuerdo 070 de 2015, por el cual se expide el Estatuto Académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.



El Acuerdo 070 de 2016, por el cual se modifican y se derogan algunas disposiciones de los Acuerdos 012 de 1999, 025 de 2012, se deroga el Acuerdo 010 de 2016 y se dictan otras disposiciones.

El Acuerdo N° 064 de 2017, el Consejo Académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia aprobó la modificación al Plan de Estudios del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

El Acuerdo 001 de 2018, por el cual se modifica el Acuerdo 063 de 2016, que determina la Estructura Orgánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El Acuerdo 019 de 2018, por el cual se modifica el Artículo 44, del Acuerdo 052 de 2012 – Reglamento Estudiantil de Posgrados de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

La Resolución 028 de 2018, por la cual se aprueba el Modelo Pedagógico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Edificamos Futuro.

Resolución 39 de 2018 por el cual se modifica la resolución 20 de 2018- áreas disciplinares de los programas de Posgrados.

El Acuerdo 041 de 2018, por el cual se modifica los Artículos 1, 2, 3 y 5 del Acuerdo 070 de 2016 y los Artículos 21 y 22 de del Acuerdo 025 de 2012.

El Acuerdo 053 de 2018, por el cual se establece la política académica para la formación posgraduada en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El Decreto 1330 de 2019, por el cual se sustituye el Capítulo 2, Título 3 Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 – Único Reglamentario del Sector Educación

3.2 Justificación del programa

La UPTC tiene una larga trayectoria investigativa y académica en el campo específico de la Ingeniería, capacitando profesionales en áreas como la ingeniería: Metalurgia, Transporte y Vías, Sistemas, Civil, Electrónica, Electromecánica, Minas, Geología e Industrial, observando siempre las necesidades de conocimiento existentes en la región a nivel local y nacional, a fin de brindar apoyo a sectores que requieren de profesionales capacitados, que satisfagan de manera real las necesidades y expectativas de las comunidades y contribuyendo con el desarrollo autónomo de la región, además de fortalecerse a nivel institucional.

La experiencia que los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Ciencias Básicas han tenido en la contribución a la solución de problemas de la industria regional y nacional se consolida como un pilar en el desarrollo tecnológico del país. Esta trayectoria se plasma en los proyectos de investigación que los grupos han realizado de la



mano de empresas como ECOPETROL, Hocol, Petrobrás, ATP ingeniería, Cerromatoso S.A, Acerías Paz del Río, Indumil, entre otras, en las que como resultado de estos proyectos de investigación se ha logrado contribuir, con aciertos tecnológicos, en el mejoramiento de los procesos e innovar en la oferta de productos con valor agregado. Esto se ha logrado gracias al trabajo aunado de los distintos saberes conexos a la ciencia de materiales como son ingenierías, física y química y a la participación activa de los grupos de investigación institucionales e interinstitucionales.

Es así como el Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales que ofrece la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia a través del Facultad de Ingeniería y el programa de ingeniería Metalúrgica, se proyecta como un doctorado que orientará la formación a la investigación, aplicada a la solución de problemas reales en el sector industrial, impactando las cadenas productivas de tal manera que se traduzcan en procesos más competitivos e innovadores. Todo esto sustentado en la sólida trayectoria de trabajo Universidad-Empresa, que a través del doctorado en Metalurgia y Ciencia de los Materiales se ha venido consolidando y a la articulación interdisciplinaria de los grupos de investigación teóricos y experimentales que aúnan sus conocimientos para dar soporte científico y tecnológico a la innovación y al desarrollo industrial de la región y el país abordando temáticas concretas y estratégicas en el campo global de los materiales.

3.3 Misión del programa

Formar recursos humanos investigadores a nivel doctoral en el área de Ingeniería y Ciencia de los Materiales aplicando y afianzando conocimientos en forma integrada y autónoma en estos campos, con capacidad de transferir resultados de investigación al sector académico y productivo, capaces de crear, adaptar e innovar y desempeñarse en los campos del conocimiento asociados a las áreas del programa.

3.4 Visión del programa

Proyectar el Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, como un programa líder en la región y el país, dirigiendo su esfuerzo a la capacitación de profesionales investigadores idóneos para asumir retos a nivel nacional e internacional con gran impacto en la solución de problemas industriales, asociados con la ingeniería y la ciencia de los materiales.

3.5 Objetivos

3.5.1 Objetivo general

Formar recursos humanos competitivos, capaces de propender, dirigir y desarrollar trabajos de investigación de manera autónoma e interdisciplinaria, participar en la construcción de comunidades académicas, que permitan enfrentar y resolver problemas en los ámbitos académico, científico e industrial.



3.5.2 Objetivos específicos

- Formar investigadores de alto nivel con capacidad creativa, analítica, reflexiva y de liderazgo, para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, en coherencia con los cambios en la sociedad contemporánea; de igual manera crear recursos humanos de responsabilidad y liderazgo que establezcan y dirijan grupos de investigación en Universidades, institutos y en el sector empresarial. Bajo estos lineamientos se formarán individuos a nivel doctoral, con alto nivel de conocimiento y rigor intelectual y científico, con capacidades de autonomía y competitividad.
- Formar recursos humanos que contribuyan al conocimiento y aplicación de nuevos materiales en la realización de trabajos de investigación y desarrollo en la industria minero-metalúrgica, la siderúrgica de la construcción, la eléctrica y electrónica, la de minerales no ferrosos, la de polímeros, la ambiental y centros de investigación y Universidades, entre otros
- Fomentar ampliamente la investigación científica y tecnológica e investigación básica y aplicada, enfocada a la atención y solución de necesidades de desarrollo de los sectores productivos.
- Formar recursos humanos con capacidad y liderazgo para establecer y dirigir grupos de investigadores tanto en Universidades, como en institutos y sector empresarial.
- Promover la vinculación con el sector productivo a través del establecimiento de programas de investigación que fomenten el desarrollo tecnológico.
- Formar individuos a nivel doctoral, con un alto nivel de conocimiento y rigor intelectual y científico, capaces de ser autónomos y competitivos.

3.6 Perfil de ingreso

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, se encuentra dirigido a Ingenieros Metalúrgicos, Civiles, en Transporte y Vías, Mecánicos, químicos, Industriales de Petróleos, de Minas, Electrónicos, Geólogos, Ambientales, Electromecánicos, Químicos y Físicos o tener un Título afín a los objetivos de formación del programa otorgado por una Universidad colombiana o extranjera reconocida.

Requisitos de admisión

Para la admisión de estudiantes se deberá cumplir con los siguientes requisitos, estipulados en el Acuerdo de Creación del Doctorado en su Artículo 9 y los contemplados en el Acuerdo 052 en su Artículo 07.

- Título Profesional en Ingenieros Metalúrgicos, Civiles en Transporte y Vías, Mecánicos, Químicos, Industriales, de Petróleos, de Minas, Electrónicos, Geólogos, Ambientales, Electromecánicos, Químicos y Físicos o Tener un Título a fin a los objetivos de formación del programa, otorgado por una universidad colombiana o extranjera reconocida.
- Formulario de inscripción debidamente diligenciado.



- Cancelación de los derechos pecuniarios establecidos.
- Hoja de vida, anexando los certificados correspondientes a reconocimientos académicos, trayectoria docente, investigativa y/o profesional; Ponencias y Publicaciones
- Fotocopia de las calificaciones de pregrado
- Fotocopia del Documento de Identidad
- Fotocopia Autenticada del título profesional
- Copia de Acta de Grado
- Carta de Aceptación por parte de un grupo de investigación reconocido por la Universidad
- Carta de disponibilidad y dedicación de tiempo completo al programa
- Aprobar el examen de admisión que determine el Comité de Currículo
- Los demás que establezca la Universidad.

Los aspirantes al programa de Doctorado que posean títulos de Maestría deben anexar adicionalmente los siguientes documentos:

- Fotocopia Autenticada del Título de Maestría, (para títulos en extranjero, anexar la convalidación del Ministerio de Educación Nacional).
- Fotocopia del Acta de Grado de Maestría.
- Certificado original de Notas de la Maestría.
- Copia expedida por autoridad del programa donde se indiquen los contenidos programáticos de las asignaturas cursadas, la intensidad horaria y/o los créditos académicos correspondientes.
- Copia de las publicaciones o ponencias resultantes del trabajo de grado de maestría.
- Propuesta de tesis doctoral avalada por el grupo de investigación que lo apoya.

3.7 Perfil de Egreso

El egresado del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales contribuirá en la generación de nuevo conocimiento en el área de estudio, impulsará el desarrollo y la innovación del campo donde se desempeñe. Su quehacer estará ligado al desarrollo, análisis y solución de las problemáticas más relevantes de la ciencia de los materiales. el egresado es un ser consciente de su compromiso con la sociedad y reconoce el papel que la ciencia de los materiales tiene en el desarrollo humano y empresarial en diversas entidades, presentado sus conocimientos como una contribución a la construcción y consolidación de los objetivos del mañana.

ARTÍCULO 4.- ASPECTOS CURRICULARES DEL PROGRAMA

4.1 Componentes Formativos

A continuación, se realizará la descripción curricular del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales. Se presenta el Plan de Estudios representado en



créditos académicos conforme a los Resultados de Aprendizaje proyectados, la formación integral, las actividades académicas que evidencian estrategias de flexibilización curricular, y el perfil de egreso, en armonía con las habilidades del contexto internacional, nacional, y local orientadas al desarrollo de las capacidades para aprender a aprender.

4.1.1 Sistema de créditos

Un crédito académico es la unidad de medida del trabajo académico del estudiante, que equivale a 48 horas de trabajo del estudiante en un periodo académico. La proporción entre el trabajo directo con el profesor y el trabajo independiente del estudiante de este Doctorado será de 1 hora de trabajo directo por 5 horas de trabajo independiente. El Programa se desarrolla en ocho (8) semestres académicos, cada semestre con una duración de dieciséis (16) semanas. El total de los créditos del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales es de 96 créditos, distribuidos en áreas de formación, así: Interdisciplinar (electivas) 12 créditos, Investigación, producción e Innovación 72 créditos y Disciplinar y profundización 12 créditos académicos.

4.1.2 Estructura curricular

Articulado con los objetivos de formación y las necesidades del entorno en el que se desenvuelve el programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, la estructura curricular planteada está constituida por 14 asignaturas más la consolidación y presentación de la tesis, el cual se orienta en tres áreas de formación: el área de Profundización, área Complementaria Electiva y un área de Investigación.

El total de los créditos del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales es de 96, de los cuales 84 créditos corresponden a módulos obligatorios y 12 créditos corresponden a módulos electivos. En porcentaje, los créditos obligatorios corresponden a un 87% y créditos electivos a 13%.

Área Interdisciplinar:

Cuenta con tres asignaturas (Electivas) de 4 créditos cada una, para un total de 12 créditos (13% del plan de estudios). La finalidad de esta área es profundización en el conocimiento en Ingeniería y Ciencia de los Materiales. Las asignaturas que constituyen esta área de formación son; Electiva I: Tópicos especiales en nuevos materiales; Electiva II: Tecnología y procesos de fabricación y manufactura; Electiva III: Degradación, caracterización e integridad de materiales.

Área de Investigación:

Está compuesta por: a) Ocho seminarios, cuatro de ellos con 4 créditos académicos; b) Un seminario de investigación y presentación de propuesta de tesis con 8 créditos académicos; c) Tres seminarios doctorales, cada uno con una valoración de 12 créditos; y d) Consolidación de la tesis con una valoración de 12 créditos.



Área Disciplinar y profundización:

Cuenta con tres asignaturas de 4 créditos cada una, para un total de 12 créditos (13% del plan de estudios). La finalidad de esta área, como su nombre lo indica, es proporcionar una base académica de fundamentación al estudiante en el área de Ingeniería y Ciencia de los Materiales. Las asignaturas que conforma esta área son: Matemática avanzada y Simulación, Estructura y Propiedades de los Materiales y Caracterización y comportamiento de los materiales.

A continuación, se indica la distribución curricular prevista para el Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

Tabla 2. Estructura Curricular del programa

Campo de Conocimiento	%	Áreas de formación	%	Curso/Seminario	% en el total de créditos
Disciplinar	13%	Profundización	13%	- Matemática avanzada y Simulación - Estructura y Propiedades de los Materiales - Caracterización y comportamiento de los materiales.	12
Interdisciplinar	13%	Profundización	13%	- Electiva I: Tópicos especiales en nuevos materiales - Electiva II: Tecnología y procesos de fabricación y manufactura - Electiva III: Degradación, caracterización e integridad - Seminario I - Seminario II - Seminario III - Seminario IV	12
Investigación, Producción e innovación	74%	Investigación	74%	- Seminario de Investigación presentación de propuesta de Tesis - Seminario V - Seminario VI - Seminario VII - Seminario VIII	72

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

El programa de Doctorado en Ingeniería y ciencia de los Materiales se aborda en ocho semestres, las asignaturas consideradas por semestre académico se indica seguidamente con los créditos académicos correspondientes en la tabla 3.



Tabla 3. Plan General de Estudios

Curso /Seminario	Obligatorio	Electivo	Créditos	Horas de trabajo directo			Horas de trabajo independiente	Horas totales de trabajo	Número máximo de estudiantes matriculados o proyectados
				Nº hrs. Teóricas	Nº hrs. Teórico - Prácticas	Nº hrs. Prácticas			
Primer Semestre									
Seminario I	X		4	64	0	0	128	192	20
Estructura y propiedades de los materiales	X		4	64	0	0	128	192	20
Matemática Avanzada y simulación I	X		4	64	0	0	128	192	20
Segundo Semestre									
Seminario II	X		4	64	0	0	128	192	20
Caracterización y comportamiento de materiales	X		4	64	0	0	128	192	20
Electiva I		X	4	64	0	0	128	192	20
Tercer Semestre									
Seminario III	X		4	64	0	0	128	192	20
Electiva II		X	4	64	0	0	128	192	20
Electiva III		X	4	64	0	0	128	192	20
Cuarto Semestre									
Seminario IV	X		4	64	0	0	128	192	20
Seminario de Investigación	X		8	128	0	0	256	384	20
Quinto Semestre									
Seminario V	X		12	0	0	0	576	576	20
Sexto Semestre									
Seminario VI	X		12	0	0	0	576	576	20
Séptimo Semestre									
Seminario VII	X		12	0	0	0	576	576	20
Octavo Semestre									
Seminario VIII	X		12	0	0	0	576	576	20
Total Numero Créditos	84	12	96						
Total % Créditos	87,5%	12,5%	100%						
Total número horas				1536	0	0	3072	4608	
Total porcentaje horas				33,3%	0%	0%	66,6%	100%	

* Todo el trabajo del estudiante es independiente con acompañamiento del tutor.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

Tabla 4. Prerrequisitos

Semestre	Curso/ Seminario	Prerrequisito
SEGUNDO	Seminario II	Seminario I



TERCER	Seminario III	Seminario II
CUARTO	Seminario IV	Seminario III
CUARTO	Seminario IV	Defensa de propuesta de Tesis ante Jurado
QUINTO	Seminario V	Seminario IV
SEXTO	Seminario VI	Seminario V
SEPTIMO	Seminario VII	Seminario VI
OCTAVO	Seminario VIII	Seminario VII

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

Requisitos de grado

Según el **Acuerdo 064 de 2017** en su artículo 3, los requisitos para la obtención del Título de Doctor en Ingeniería y Ciencia de los Materiales son los siguientes:

- Cursar y aprobar los créditos exigidos en cada uno de los niveles de formación.
- Demostrar proficiencia en el idioma extranjero a nivel intermedio alto, a través de una prueba programada por el Instituto Internacional de Idiomas de la UPTC, o presentar certificado de nivel de competencia comunicativa en idioma extranjero a través de exámenes internacionales, convalidados por el Instituto Internacional de Idiomas de la UPTC.
- Realizar una pasantía en el área de la tesis de doctorado, en el instituto o universidad que tenga convenio institucional o carta de intención de colaboración con el programa.
- Realizar como estrategias de difusión de los resultados de trabajo de tesis las siguientes:
 - Participación como ponente oral en evento científico internacional.
 - Tener aceptado o publicado dos (2) artículos en revistas indexadas de clasificación Web of Science o SCOPUS.
- Sustentar y aprobar la tesis doctoral.
- Los demás establecidos por la normatividad institucional vigente

4.1.3 Perfil de Egreso y Resultados de Aprendizaje

En la estructuración de los resultados de aprendizaje hay una gran variedad de taxonomías y abordajes teóricos acerca de la conceptualización de los mismos. En este sentido el programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales ha seleccionado el modelo de la taxonomía de SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome), es decir, Estructura del Resultado Observado de Aprendizaje. La taxonomía fue seleccionada por parte del comité curricular del programa en razón que a criterio del programa reúne de manera completa los resultados de aprendizaje esperados por el estudiante teniendo en cuenta la competencias, habilidades, desempeños y contenidos de los campos de saber científico, tecnológico, humanístico en los cuales están inmerso los graduados que salen al mercado laboral del área.

La Taxonomía de SOLO se permite jerarquizar el aprendizaje en cinco niveles de complejidad de manera ascendente y estructural. Usualmente estos niveles son conocidos como: pre-estructural, uni-estructural, multi-estructural, relacional y abstracto extendido. Es



mediante esta clasificación que se describe esencialmente los diferentes niveles en los cuales se selecciona, se procesa y se comunica la información, desde un nivel que va de lo insuficiente a un nivel de experto (Difabio, 2010).

Los cinco niveles de la taxonomía SOLO, quedan así definidos (Hernández, Martínez, Dafonseca y Rubio, 2005):

- Nivel Preestructural (P): Las respuestas que proporcionan los alumnos ante una determinada tarea son erróneas o inexistentes. Respuestas centradas en aspectos irrelevantes de la situación de muestreo, con contestaciones evasivas o tautológicas del enunciado.
- Nivel Uniestructural (U): El resultado del alumno, pese a poder ser cierto, sólo se centra en un determinado aspecto que, por otro lado, no tiene por qué ser relevante. Respuestas que contienen datos informativos obvios, los cuales han sido extraídos directamente del enunciado de la situación de muestreo.
- Nivel Multiestructural (M): En este caso el alumno es capaz de enumerar una serie de aspectos correctos, pero no va más allá. Respuestas que requieren utilización de dos o más informaciones de la situación de muestreo, las cuales, son obtenidas directamente de la pregunta y son analizadas separadamente, no de forma interrelacionada.
- Nivel Relacional (R): El alumno no sólo identifica varios aspectos correctos, sino que también es capaz de relacionarlos entre sí. Respuestas extraídas tras el análisis de la situación de muestreo integrando la información en un todo comprensivo. Los resultados se organizan formando una estructura.
- Nivel Abstracción expandida (AE): Es el nivel más complejo, en él, el alumno cumple con el criterio anterior y, además, es capaz de ir más allá de lo preguntado para poder relacionarlo con otros sistemas ajenos a la tarea en sí, pero que, de algún modo, enriquecen la respuesta. Respuestas que manifiestan la utilización de un principio general y abstracto que puede ser inferido a partir del análisis sustantivo de los datos en la situación de muestreo y que es generalizable a otros contextos.

En la redacción de los resultados de aprendizaje se tuvo en cuenta que estuviera en armonía con las competencias y el perfil de egreso. Así mismo la literatura relacionada con la redacción de Jerez (2012), quien sugiere: Verbo, Contenido y Contexto como ejes conceptuales para la redacción de los resultados de aprendizaje de una asignatura, seminario o módulo. Para este programa de especialización se emplearon verbos de los niveles Multiestructural, Relacional y Abstracto expandido, tal como se presenta en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Caracterización de los Resultados de Aprendizaje del programa en articulación con el perfil de egreso.

Perfil de egreso	Resultados de Aprendizaje de Programa
El egresado del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales contribuirá en la generación de nuevo conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza el campo en el que se desenvuelve los materiales propios de su entorno, conociendo sus ventajas y desventajas. Siendo capaz de brindar fundamentos válidos para la toma de decisiones basadas en la conceptualización, teórica y matemática que se involucra en la síntesis y procesamiento.



Perfil de egreso	Resultados de Aprendizaje de Programa
<p>en el área de estudio, impulsará el desarrollo y la innovación del campo donde se desempeñe. Su quehacer estará ligado al desarrollo, análisis y solución de las problemáticas más relevantes de la ciencia de los materiales. el egresado es un ser consciente de su compromiso con la sociedad y reconoce el papel que la ciencia de los materiales tiene en el desarrollo humano y empresarial en diversas entidades, presentado sus conocimientos como una contribución a la construcción y consolidación de los objetivos del mañana</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construye diversas propuestas de investigación basadas en la solución de problemáticas propias de la industria y la sociedad. • Implementa las técnicas básicas y avanzadas de las que disponen en el campo en el que se desempeña, generando información relevante que permita la optimización de los materiales o procesos en los que se enmarca su actividad. • Evalúa, dentro de sus análisis, el conocimiento estadístico de modo que incorpora en todo su proceso de desarrollo, procesamiento y síntesis de materiales los elementos propios de la estadística que permitan aumentar fiabilidad en sus componentes metodológicos durante sus investigaciones. • Integra de manera constante nueva información acerca del área en la que se desenvuelve con el fin de incorporar en su actividad profesional, manteniendo vigente sus ideas y concepciones en el área. • Desarrolla soluciones acordes a las necesidades del sector, teniendo en cuenta las técnicas avanzadas de caracterización que puedan servir como instrumentos en el mejoramiento de los procesos. • Formula productos de investigación acordes a los resultados e inquietudes del sector profesional en el que se desenvuelve de modo que es capaz de articular proyectos de investigación con la generación de artículos, ponencias o patentes. • Interpreta, de manera clara, diversos tópicos de la ciencia de materiales, siendo capaz de trascender en los mismos con el fin de aumentar el estado del arte del área basándose en las problemáticas de su entorno. • Evalúa los escenarios que son problemáticos en el sector en Colombia, generando soluciones a diversos problemas referentes a la ingeniería de materiales en áreas como la aeronáutica, biomateriales, automotriz, infraestructura, etc. • Elabora informes producto de los resultados del desarrollo de proyectos de ingeniería que permitan dar lugar a la toma de decisiones coherentes con el área de estudio. • Formula soluciones acordes al modelo científico, siendo capaz de generar resultados de investigaciones de alto impacto según los requerimientos del lugar de desarrollo profesional.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

Tabla 6. Determinación de los Resultados de Aprendizaje

Campo de Conocimiento	Área de Formación	Resultados de Aprendizaje del Programa	Curso/seminario	Resultado de Aprendizaje por Curso/seminario
Investigación, Producción e innovación	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza el campo en el que se desenvuelve los materiales propios de su entorno, conociendo sus ventajas y desventajas. Siendo capaz de brindar fundamentos válidos para la toma de decisiones 	Seminario I	<p>Formula proyectos de investigación coherentes con los conocimientos, técnicas y metodologías vistas en el seminario.</p> <p>Elabora estados de arte mediante la búsqueda de información científica en bases de datos actualizadas.</p>



Campo de Conocimiento	Área de Formación	Resultados de Aprendizaje del Programa	Curso/seminario	Resultado de Aprendizaje por Curso/seminario
Disciplinar y Profundización	Profesional	<p>basadas en la conceptualización, teórica y matemática que se involucra en la síntesis y procesamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construye diversas propuestas de investigación basadas en la solución de problemáticas propias de la industria y la sociedad. 	Estructura y propiedades de los materiales	<p>Argumenta hipótesis de investigación y propone técnicas experimentales para su comprobación.</p> <p>Relaciona las diferentes propiedades de los materiales, con la estructura cristalina, defectología y su comportamiento en servicio.</p> <p>Analiza diagramas termodinámicos de estabilidad de materiales del estado sólido, para establecer la estructura de los materiales y su selección.</p> <p>Desarrolla soluciones e interpretaciones acerca de los fenómenos que rodean la síntesis, estructura y desempeño de los materiales.</p> <p>Integra de manera adecuada las herramientas y metodologías para abordar la resolución de ecuaciones diferenciales.</p> <p>Aplica de manera conveniente las técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales teniendo cuenta su clasificación, condiciones y variables, mostrando comprensión de dicha aplicación en casos reales del escenario experimental.</p> <p>Adapta de manera básica las técnicas de modelado computacional para la solución de ecuaciones diferenciales teóricas y basadas en resultados experimentales.</p>
			Matemática Avanzada y Simulación	<p>Desarrolla soluciones e interpretaciones acerca de los fenómenos que rodean la síntesis, estructura y desempeño de los materiales.</p> <p>Integra de manera adecuada las herramientas y metodologías para abordar la resolución de ecuaciones diferenciales.</p> <p>Aplica de manera conveniente las técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales teniendo cuenta su clasificación, condiciones y variables, mostrando comprensión de dicha aplicación en casos reales del escenario experimental.</p> <p>Adapta de manera básica las técnicas de modelado computacional para la solución de ecuaciones diferenciales teóricas y basadas en resultados experimentales.</p>
Investigación, Producción e innovación	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> • Implementa las técnicas básicas y avanzadas de las que disponen en el campo en el que se desempeña, generando información relevante que permita la optimización de los materiales o procesos en los que se enmarca su actividad. • Evalúa, dentro de sus análisis, el conocimiento estadístico 	Seminario II	<p>Formula de manera coherente un diseño experimental, ceñido por un entendimiento correcto de las variables y su correlación.</p> <p>Construye métodos de análisis estadístico y probabilístico de hipótesis permitiendo la comprensión de grandes volúmenes de información y variabilidad.</p> <p>Sustenta de manera coherente y argumentada la propuesta de investigación basado en el estado del arte para evaluada</p>



Campo de Conocimiento	Área de Formación	Resultados de Aprendizaje del Programa	Curso/seminario	Resultado de Aprendizaje por Curso/seminario
Disciplinar y Profundización	Profesional	<p>de modo que incorpora en todo su proceso de desarrollo, procesamiento y síntesis de materiales los elementos propios de la estadística que permitan aumentar fiabilidad en sus componentes metodológicos durante sus investigaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> Integra de manera constante nueva información acerca del área en la que se desenvuelve con el fin de incorporar en su actividad profesional, manteniendo vigente sus ideas y concepciones en el área. 	Caracterización y comportamiento de materiales	<p>por expertos nacionales en el área de estudio.</p> <p>Integra de manera correcta el uso de técnicas de caracterización según el tipo de propiedades que se requiera, limitaciones de la técnica, requerimientos de preparación y/o disponibilidad tecnológica. Analiza de manera correcta los resultados provenientes de cada una de las técnicas experimentales a la que es sometido un material. Implementa el método más adecuado de caracterización de un material, identificando su principio físico de la técnica y la respuesta del material al estímulo.</p>
Interdisciplinar	Profundización		Electiva I	<p>Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado. Contrasta problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos. Genera productos de investigación de impacto bajo los parámetros, técnica y recomendaciones vistas en clase. Refleja de manera coherente, organizada y sistemática resultados de investigación. Discute y socializa resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.</p>
Investigación, Producción e innovación	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> Desarrolla soluciones acordes a las necesidades del sector, teniendo en cuenta las técnicas avanzadas de caracterización que puedan servir como instrumentos en el mejoramiento de los procesos. Formula productos de investigación acordes a los resultados e inquietudes del sector 	Seminario III	



Campo de Conocimiento	Área de Formación	Resultados de Aprendizaje del Programa	Curso/seminario	Resultado de Aprendizaje por Curso/seminario
Interdisciplinar	Profundización	profesional en el que se desenvuelve de modo que es capaz de articular proyectos de investigación con la generación de artículos, ponencias o patentes.	Electiva II	Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado. Contrasta problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.
		<ul style="list-style-type: none"> Interpreta, de manera clara, diversos tópicos de la ciencia de materiales, siendo capaz de trascender en los mismos con el fin de aumentar el estado del arte del área basándose en las problemáticas de su entorno. 	Electiva III	Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado. Contrasta problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.
		<ul style="list-style-type: none"> Evalúa los escenarios que son problemáticos en el sector en Colombia, generando soluciones a diversos problemas referentes a la ingeniería de materiales en áreas como la aeronáutica, biomateriales, automotriz, infraestructura, etc. 	Seminario IV	Discute resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.
Investigación, Producción e innovación	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> Elabora informes producto de los resultados del desarrollo de proyectos de ingeniería que permitan dar lugar a la toma de decisiones coherentes con el área de estudio. 	Seminario de Investigación: Presentación de propuesta de tesis.	Construye de manera coherente su propuesta de tesis, de manera que pueda presentar una versión global y holística sobre las problemáticas, restos y posibilidades de la disciplina. Elabora preguntas de manera asertiva, dudas, críticas acerca del trabajo propio o de otros. Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo.
		<ul style="list-style-type: none"> Formula soluciones acordes al modelo científico, siendo capaz de generar resultados de 	Seminario V	Formula de manera coherente con la planeación y metodología prevista el estado de avance de la investigación doctoral.



Campo de Conocimiento	Area de Formación	Resultados de Aprendizaje del Programa	Curso/seminario	Resultado de Aprendizaje por Curso/seminario
		investigaciones de alto impacto según los requerimientos del lugar de desarrollo profesional.	Seminario VI	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo.
			Seminario VII	Valida de manera correcta el uso de técnicas o cambios en el proceso experimental planeado en la propuesta de tesis.
			Seminario VIII	Crea nuevo conocimiento, expandiendo las fronteras de la ciencia e ingeniería de materiales a partir de los resultados obtenidos en la tesis de grado y abrir la posibilidad a nuevas aportaciones en el futuro en la disciplina.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

4.1.4 Estrategias de flexibilización curricular

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales ve la flexibilidad como la oportunidad en la que docentes y estudiantes amplían su horizonte de conocimiento a través de las siguientes estrategias:

a. Electivas

Dentro del plan de estudios del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales se contemplan tres electivas (Electiva I, Electiva II y Electiva III) a seleccionar de un grupo de asignaturas propuestas en temas especializados avanzados. Estas asignaturas ofrecidas serán establecidas por el comité del Currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, apoyado en los grupos de investigación y responderán a los campos de investigación que se adelanten en el área de Ingeniería y Ciencia de los Materiales. Las electivas ofertadas en cada semestre serán establecidas por el Comité de Currículo del programa de acuerdo con las preferencias de los estudiantes y el número de inscritos en cada semestre.

Tabla 7. Tendencias de Electivas

Areas de Formación - Línea de Investigación	Semestre	Electiva(s)
<ul style="list-style-type: none"> Análisis de falla Análisis por sistemas de información georreferenciada 	Segundo	Temas avanzado en materiales metálicos Temas avanzado en materiales cerámicos



Áreas de Formación - Línea de Investigación	Semestre	Electiva(s)
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de materiales • Inspección, monitoreo y control relacionados con corrosión. • Integridad mecánica de materiales • Materiales fotovoltaicos • Materiales pulvimetalúrgicos • Recubrimientos • Diseño y caracterización de aleaciones • Metalurgia sostenible • Procesos metalúrgicos y de manufactura • Simulación termodinámica y cinética • Construcción • Educación en Ingeniería • Estructuras • Geomática • Gestión ambiental • Materiales • Medición y gestión de riesgo • Recursos hidráulicos • Desarrollo y estudio de recubrimientos (Metálicos, Poliméricos, Cerámicos y organometálicos) • Física de las descargas eléctricas y sus aplicaciones tecnológicas • Instrumentación y Software en Electroquímica y Corrosión • Técnicas Electroquímicas • Carboquímica • Pirolisis de Materiales • Carbonosos • Tecnologías Limpias • Espectroscopia de Mossbauer. • Física Médica. • Física Forense • Metrología de las radiaciones. • Protección Radiológica. • Radio física. • Simulación de la Interacción Radiación Materia. • Beneficio de Minerales • Control Ambiental de Residuos Industriales • Hidrometalurgia de Metales Comunes • Hidrometalurgia de Metales Preciosos Estratégicos • Materiales Poliméricos. • Química Medicinal. • Síntesis y Funcionalización de Aluminosilicatos para remediación Ambiental • Catálisis Enantioselectiva 	Tercer	Temas avanzado en materiales poliméricos
		Temas avanzado en materiales compuestos
		Temas avanzado en física de materiales y simulación
		Temas avanzado en catálisis, energía y materiales
		Tópicos especiales en procesos de manufactura
		Tópicos especiales en tecnología y fabricación de materiales metálicos
		Tópicos especiales en tecnología y fabricación de materiales no metálicos
		Tópicos especiales en procesamiento de carbones
		Tópicos especiales en celdas combustibles y solares
		Tópicos especiales en Fisicoquímica de materiales
		Tópicos especiales en fenómenos de trasportes
		Tópicos especiales de corrosión
		Tópicos especiales en ensayos no destructivos
		Tópicos especiales en integridad mecánica y análisis del riesgo
		Tópicos especiales de electroquímica avanzadas
Tópicos especiales de mecánica de la fractura		
Tópicos especiales de manejo ambiental		



Áreas de Formación - Línea de Investigación	Semestre	Electiva(s)
<ul style="list-style-type: none"> • Catálisis Enzimática • Catálisis por metales y óxidos metálicos • Fotocatálisis heterogénea. • Separación con membranas. 		

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

b. Homologación ¹plan de estudios del programa

El artículo 13 del Acuerdo 022 de 2010 contempla el tipo de homologaciones permitidas. Los estudiantes admitidos al Doctorado y que tengan cursado y aprobado programas de Maestría, el Comité del Currículo del Programa del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales estudiará cada una de las asignaturas aprobadas por el estudiante en el programa de Maestría y con base en los contenidos programáticos, la intensidad horaria y/o créditos, definirá el plan de homologación al Programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, el cual será aprobado por el Consejo de Facultad de Ingeniería.

Las asignaturas homologables corresponden a las del primer Nivel: FORMACIÓN FUNDAMENTAL Y DISCIPLINAR y las asignaturas electivas del Segundo Nivel: CANDIDATURA A DOCTOR.

Los créditos máximos homologables dispuestos para tal fin serán de treinta y seis (36).

El programa de Doctorado tiene estipulado la homologación de 36 créditos de la Maestría en metalurgia y Ciencia de los Materiales, a continuación, se presenta la estructura de la respectiva homologación:

Tabla 8. Homologación de plan de estudios del programa

PLAN MAESTRÍA EN METALURGIA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES			PLAN DOCTORADO EN INGENIERÍA CIENCIA DE LOS MATERIALES		
CURSO/ SEMINARIO APROBADO			CURSO/SEMINARIO A HOMOLOGAR		
Código	Curso/Seminario	Nº de Créditos	Código (si aplica)	Curso/Seminario	Nº de Créditos
8109475	Seminario I. Métodos de investigación y formulación de Proyectos	4	8109608	Seminario I.	4
8109676	Estructura y propiedades de los materiales	4	8109609	Estructura y propiedades de los materiales	4

¹ Acuerdo No. 052 de 2012 art. 22: "Por homologación se entiende la equivalencia otorgada a los créditos del plan de estudios que hayan sido cursados y aprobados por los estudiantes en otro programa de posgrado, contenidos que respondan a la estructura curricular del mismo. ...". Por demás, la homologación por reforma al plan de estudios se entiende según el Acuerdo No 052 art. 25 "es el proceso académico, mediante el cual el Comité de Currículo convalida o reconoce los créditos aprobados por el estudiante con el propósito de acogerse a un nuevo plan de estudios".



8109477	Matemática avanzada y simulación	4	8109610	Matemática avanzada y simulación	4
8109478	Seminario II. Métodos estadísticos y análisis experimental.	4	8109611	Seminario II.	4
8109479	Caracterización y comportamiento de los materiales	4	8109612	Caracterización y comportamiento de los materiales	4
8109480	Electiva I. Tópicos especiales en nuevos materiales.	4	8109613	Electiva I.	4
8109481	Seminario III. Formulación de propuesta de investigación.	4	8109614	Seminario III.	4
8109482	Electiva II. Tecnología y procesos de fabricación y manufactura	4	8109615	Electiva II.	4
8109483	Electiva III. Degradación, caracterización e integridad de los materiales	4	8109616	Electiva III	4
TOTAL		36	TOTAL		36

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

4.1.5 Estrategias de Interdisciplinariedad

Según el Acuerdo 070 de 2015 de Política Académica y el Acuerdo 053 de 2018 por el cual se establece la Política Académica para la Formación Posgraduada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, la interdisciplinariedad es interpretada como la condición para enfrentar el trabajo académico e investigativo, aceptando la pluralidad de enfoques y su posibilidad de coincidencia, la complejidad de los problemas y su impacto social dependiente del punto de vista propuesto. La interdisciplinariedad permite que una disciplina recurra y aplique métodos que han sido empleados con éxito en otra disciplina, que se transfieran a partir de la base de una justificación.

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales pertenece a la Escuela de Posgrados de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Ambiental y se apoya en los docentes que dirigen las asignaturas, dirigen trabajos de grado y jurados evaluadores. El Programa cuenta con docentes de otras escuelas, universidades o instituciones públicas o privadas que aportan al desarrollo de la estructura y temáticas del Programa. Al ser un programa dirigido a un campo amplio de profesiones relacionadas, permite que la interacción entre los estudiantes sea de mutuo enriquecimiento, permitiendo conocer el campo de la construcción y de la consultoría desde distintas perspectivas.

Esta interdisciplinariedad se evidencia en asignaturas electivas con temáticas asociadas a otros campos del saber, diferentes Seminario I. Métodos de investigación y formulación de Proyectos, Estructura y propiedades de los materiales, Matemática avanzada y simulación, Seminario II. Métodos estadísticos y análisis experimental, Caracterización y comportamiento de los materiales, Electiva I. Tópicos especiales en nuevos materiales, Seminario III. Formulación de propuesta de investigación, Electiva II. Tecnología y procesos



de fabricación y manufactura, Electiva III. Degradación, caracterización e integridad. Seminario I, II, III, IV, V, VI, VII, Consolidación y presentación de la tesis. Estas asignaturas son dirigidas o codirigidas con docentes especializados en otras áreas diferentes a la ingeniería y ciencia de los materiales, pero que contribuyen plenamente a las competencias del estudiante de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales. De la misma manera, Consolidación y presentación de la tesis es direccionado para que participen en muchos casos profesionales de otras disciplinas, en investigaciones conjuntas o mediante la codirección de un profesor externo de alguna disciplina que le aporte al campo del saber de los estudiantes del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

4.1.6 Estrategias de Transdisciplinariedad

Según el Acuerdo 053 de 2018, por el cual se establece la Política Académica para la Formación Posgraduada de la UPTC, la transdisciplinariedad es entendida como una forma de organización de los conocimientos que trasciende las disciplinas. La transdisciplinariedad busca lo que está entre las disciplinas, lo que las atraviesa y lo que está más allá de ellas, en la necesidad de que los conocimientos científicos se nutran, y aporten una mirada global que vaya más allá de las disciplinas, en la dirección de considerar el mundo en su unidad diversa.

Como estrategia de transdisciplinariedad, el Programa realiza actividades de investigación a través de los grupos y sus líneas de investigación que se articulan con la actividad de aprendizaje del Programa. Entre los grupos que comparten unas mismas líneas de investigación pero que estudian cada tema de un enfoque diferente, están: Grupo de Integridad y Evaluación de Materiales (GIEM); Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión (GSEC); Grupo de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (GC-UPTC) y el Grupo de Investigaciones en Física de Materiales. Además, se cuenta con grupos de investigación de apoyo como el Grupo de investigaciones interdisciplinario e interinstitucional de Carbones y Carboquímica; el Grupo de Investigaciones en Materiales Siderúrgicos; Grupo de Investigaciones y Desarrollo en Infraestructura Vial (GRINFRAVIAL) y el Grupo de investigaciones en Software (GIS).

4.1.7 Formación Integral

El programa Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales propende por la formación de líderes en el marco nacional y regional, fortalecidos integralmente con valores éticos, morales, autónomos y responsables en el ejercicio de la labor profesional.

De acuerdo con las áreas de formación del programa, el proceso de formación integral que se plantea es el siguiente:

- **Área Profundización:** La finalidad de esta área, como su nombre lo indica, es proporcionar una base académica de fundamentación al estudiante en el área del conocimiento.
- **Área de Interdisciplinar (electivas):** Las asignaturas electivas ofrecidas por los grupos de investigación, se enfocan en el estudio de las tendencias de uso de los



materiales; estas serán definidas por el Comité Curricular del Programa, atendiendo a las preferencias de los estudiantes, a las tendencias actuales en el área de materiales y al número de inscritos en cada opción.

- **Área de investigación:** Tiene el objetivo de dar la base de formación científica, apoyarán la formulación de la propuesta de tesis y son la base para el manejo de la información obtenida; así mismo son las que capacitarán al estudiante en los espacios de socialización de los avances y resultados de la investigación, bajo la orientación de docentes investigadores; así mismo se pueden considerar como la columna vertebral del programa.

4.2 Componentes Pedagógicos:

El Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, promueve escenarios de aprendizaje oportunos e inclusivos con intercambio de saberes docente-estudiante; para ello se establecen metodologías y estrategias pedagógicas orientadas a la autonomía, la creatividad y el trabajo en equipo. Para lograrlo, se debe integrar de manera eficaz conocimientos previos del estudiante con los saberes del docente y los adquiridos en el desarrollo de las asignaturas propuestas.

Es importante que los principales actores del proceso enseñanza – aprendizaje puedan responder a la propuesta curricular del Programa, en concordancia con el Modelo Pedagógico Institucional que cita “El modelo pedagógico institucional debe estar orientando desde el enfoque educativo humanista para un diseño curricular que afiance la autonomía del estudiante y derive en la formación de ciudadanos éticos, líderes, críticos, competentes internacionalmente, responsables, solidarios, y promotores de paz, tal como se plantea en la Misión y Visión Institucional” para dar sentido a lo anterior se proponen los lineamientos pedagógicos mostrados en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 9. Lineamientos pedagógicos- estudiante-docente

Estudiante:	Docente:
<p>A través del aprendizaje autónomo y significativo el estudiante podrá ser activo y demostrar aptitudes en el proceso de aprendizaje, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pensamiento crítico - Adaptabilidad al proceso formativo - Capacidad de trabajo en equipo colaborativo - Profundizar en los temas propuestos - Hacer uso de herramientas tecnológicas - Responsable frente a su propio proceso de aprendizaje - Sentido de pertenencia institucional 	<p>El docente debe ser un agente integrador con la capacidad de generar espacios de interacción y construcción de conocimiento en el aula. Para ello, el docente debe tener la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interactuar con los estudiantes - Ser creativo en el proceso formativo - Liderazgo - Promover una escucha efectiva - Diálogo asertivo con los estudiantes - Fomentar la innovación tecnológica - Respetar los lineamientos curriculares - Responder de manera oportuna las inquietudes

4.2.1 Modelo Pedagógico del Programa

El Modelo Pedagógico del Programa considera al Docente Universitario como un intelectual que promueve procesos de mediación pedagógica, investigación e innovación en su campo



de estudio, participa activamente en el contexto institucional y social, procura el avance científico de su área de conocimiento a través de la investigación que le permite la producción de conocimiento y su uso en las actividades académicas. De igual forma, asume procesos de extensión y de proyección social, lo que permite entrar en contacto con comunidades para relacionar los saberes de orden disciplinar mediante su aplicación práctica, en perspectiva de transformación social y calidad de vida, con justicia social y ambiental, e identidad hacia el contexto cultural, socio-político, económico, específico, con visión internacional.

4.2.2 Modelo Pedagógico del Programa y su articulación con el Modelo Pedagógico Institucional

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los materiales acoge el Modelo Pedagógico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –“Edificamos Futuro” el cual genera un currículo abierto, incluyente y flexible, para formar integralmente al estudiante y así cumplir con la función social que lo sustenta. De esta manera, la planeación, organización y desarrollo de los Proyectos Académicos Educativos (PAE) de los programas deben estar articulados con las actuales políticas educativas y los criterios pedagógicos que se definen a través de los principios del Modelo pedagógico. Los cuales se abordan teniendo en cuenta las experiencias que aseguran la proximidad y entendimiento de las diversas realidades contextuales regionales, nacionales e internacionales para generar el estudio de diversas situaciones y necesidades del entorno; mediante indagaciones y exploraciones en busca de propuestas a soluciones alternativas.

Igualmente, en el Modelo Pedagógico, el estudiante se reconoce como un sujeto activo en su proceso de formación profesional y personal. Se caracteriza por ser autónomo, ético, con pensamiento crítico y deliberante, creativo, que se involucra de manera individual y colectiva en la solución de problemas y situaciones sociales, ambientales, con identidad institucional, liderazgo, capaz de evaluar situaciones a través de procesos investigativos. La Resolución 28 de 2018 define los principios del Modelo Pedagógico que muestran la pretensión de las acciones de los participantes en el proceso educativo que acontece en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, se entienden como reglas, pautas o normas generales, universalmente desarrolladas en comunidades académicas y enmarcadas en la concepción de educación. En consecuencia, se privilegian los siguientes principios de:

- a) Libertad y ética.
- b) Inclusión, participación, democracia.
- c) Desarrollo profesional.
- d) Cultura política.
- e) Construcción de conocimiento e investigación.
- f) Sentido de pertinencia – identidad.
- g) Autonomía.
- h) Crítico dialógico.
- i) Cultura de participación y autoevaluación.



4.2.3 Estrategias de enseñanza – aprendizaje

Los estudiantes deberían autorregularse y participar plenamente en el proceso de aprendizaje y el docente, como agente facilitador, orientador y dinamizador del proceso de docente-educativo, puede buscar deliberadamente experiencias de aprendizaje suplementarias y pueden ser muy efectivos a la hora de modificar sus propias visiones del mundo.

Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:

- Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias.
- Integrar conocimientos.
- Incentivar el pensamiento crítico y creativo.
- Estimular el trabajo en grupo.
- Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación.
- Incentivar el aprender a aprender.
- Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes.
- Propender una mayor capacidad de análisis.
- Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente.
- Estimular el espíritu investigativo.

El estudiante desarrolla las capacidades descritas en los principios de formación, mediante:

- El desarrollo de proyectos integrales.
- La realización de análisis de los trabajos de extensión en ambiente empresarial.
- Participando en los proyectos de extensión existentes como resultado de los diversos convenios suscritos por la Universidad.

La metodología combina los fundamentos teóricos con la práctica, con el desarrollo continuo de talleres. En el desarrollo del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales se aplicará el sistema de exposiciones por parte del profesor, con participación activa de los estudiantes con trabajos prácticos en línea, talleres, estudio de casos, estudio de problemas específicos. En la tabla 10 se detallan los procesos de Enseñanza – Aprendizaje relacionados con el desarrollo de las asignaturas del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales. El estudiante tiene la oportunidad de acceder a software libre y de licencia estudiantil que le permite afianzar los conocimientos adquiridos y realizar talleres que fortalecerán su desempeño profesional. Igualmente, tiene acceso a redes de bases de datos con los que cuenta la biblioteca Upetecista que son de gran apoyo formativo.

Tabla 10. Componente pedagógico de las asignaturas acorde con los resultados de aprendizaje

Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Seminario I	<p>Formula proyectos de investigación coherentes con los conocimientos, técnicas y metodologías vistas en el seminario.</p> <p>Elabora estados de arte mediante la búsqueda de información científica en bases de datos actualizadas</p> <p>Argumenta hipótesis de investigación y propongo de técnicas experimentales para su comprobación.</p>	<p>Como fundamento de la Asignatura Seminario I, que está asociado con de la Metodología de la Investigación Científica, se establece el desarrollo de Talleres individuales y en grupo de trabajo mediante los cuales el estudiante ira conociendo y aplicando progresivamente cada una de las etapas o pasos básicos de la Metodología de la investigación científica.</p> <p>Se desarrollarán actividades de discusión y socialización en clase de los talleres.</p> <p>La consulta especializada en libros, revistas y bases de datos y la lectura de documentos complementarios serán permanentes para cada uno de los capítulos tratados en la asignatura. Se promoverá la presentación de trabajos escritos, construidos a partir de las consultas bibliográficas realizadas y en donde se aplicarán las normas para la elaboración de trabajos de investigación. Se aplicará los principios de referenciación como respeto a los derechos de autor.</p> <p>Se harán evaluaciones para conocer el nivel de asimilación de los conceptos de la Investigación Científica</p> <p>Cada estudiante debe presentar individualmente una propuesta de trabajo de investigación, al finalizar el curso, en la cual se aplique lo visto en la asignatura y será socializada y defendida en el claustro de clase.</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo
Seminario II	<p>Formula de manera coherente un diseño experimental, ceñido por un entendimiento correcto de las variables y su correlación.</p>	<p>La metodología se basa en el modelo planteado por el doctorado, donde se busca que haya dos actores principales, los estudiantes y los grupos de investigación.</p> <p>De esta manera cada electiva será asignada a varios grupos que dominan y son expertos de las diferentes temáticas, para que, a</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Seminario III	<p>Construye métodos de análisis estadístico y probabilístico de hipótesis permitiendo la comprensión de grandes volúmenes de información y variabilidad.</p>	<p>manera de interacción magistral basadas en las experiencias investigativas de los grupos, puedan generar las expectativas y ejemplos de aplicación de la investigación en el área de los materiales.</p> <p>Cada electiva que será dictada de manera consecutiva por semestre, tiene un valor de 4 créditos. Los temas que se tratarán son los planteados en el documento y han salido del seno de los grupos de investigación, basado principalmente en las investigaciones de los últimos años que ellos han realizado. No necesariamente habrá un solo docente investigador asignado a una electiva, sino en una misma electiva pueden intervenir varios docentes en los diferentes tópicos que la electiva maneja.</p> <p>Aquí se aprovecharán principalmente los invitados nacionales y extranjeros de los grupos de investigación, para que los estudiantes sean permeados con otros puntos de vista e interrelaciones del conocimiento.</p>	<p>en conjunto entre profesor y estudiante.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo
	<p>Sustenta de manera coherente y argumentada la propuesta de investigación basado en el estado del arte para evaluada por expertos nacionales en el área de estudio.</p>	<p>El estudiante debe responder al cronograma de trabajo concertado con el Director de Trabajo de Grado o Tesis y avalado por el comité curricular. Las actividades fundamentales de investigación del estudiante están asociadas con las del Grupo de Investigación que apoya el anteproyecto.</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p>
	<p>Genera productos de investigación de impacto bajo los parámetros, técnica y recomendaciones vistas en clase.</p>	<p>Trabajo directo Los estudiantes por medio de las clases magistrales tendrán las bases teóricas, a través de ejemplos y ejercicios que permiten comprender de manera clara las diferentes temáticas.</p> <p>Tutoría y acompañamiento El acompañamiento en la elaboración de los proyectos de investigación, reportes y controles de lectura que se hacen frente a las</p>	<p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p>
	<p>Refleja de manera coherente, organizada y sistemática resultados de investigación.</p>		
	<p>Discute y socializa</p>		



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Seminario IV	resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.	<p>inquietudes e intereses del estudiante.</p> <p>Trabajo independiente Los estudiantes en el espacio extra-clase realizara reportes, lectura y construcción de su proyecto personal de escritura de productos de investigación o trabajo de grado. El trabajo independiente es esencial en esta asignatura debido a que es un eje fundamental el conocer de manera personal las herramientas, metodología y procedimientos que surgen en la labor investigativa.</p> <p>El estudiante debe responder al cronograma de trabajo concertado con el Director de Trabajo de Grado o Tesis y avalado por el comité curricular. Las actividades fundamentales de investigación del estudiante están asociadas con las del Grupo de Investigación que apoya el anteproyecto.</p> <p>Trabajo directo Los estudiantes por medio de las clases magistrales tendrán las bases teóricas, a través de ejemplos y ejercicios que permiten comprender de manera clara las diferentes temáticas.</p> <p>Tutoría y acompañamiento El acompañamiento en la elaboración de los proyectos de investigación, reportes y controles de lectura que se hacen frente a las inquietudes e intereses del estudiante.</p> <p>Trabajo independiente Los estudiantes en el espacio extra-clase realizara reportes, lectura y construcción de su proyecto personal de escritura de productos de investigación o trabajo de grado. El trabajo independiente es esencial en esta asignatura debido a que es un eje fundamental el conocer de manera personal las herramientas, metodología y procedimientos que surgen en la labor investigativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo <p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis
	Discute resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.		



Cursos/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Seminario de Investigación: Presentación de propuesta de tesis.	Construye de manera coherente su propuesta de tesis, de manera que pueda presentar una versión global y holística sobre las problemáticas, restos y posibilidades de la disciplina.	El trabajo estará orientado por el tutor, quien lo orientará en la revisión del estado del arte y definirá los aspectos teóricos y conceptuales en los cuales el estudiante debe ahondar en el conocimiento. Tutoría y acompañamiento Toda la asignatura está dirigida y acompañada por el tutor de tesis de manera constate, así como por el equipo docente que integra el programa.	<ul style="list-style-type: none"> - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo - Componente de trabajo individual referente a lecturas y consultas relacionadas sobre los temas tratados. - Componente de trabajo individual del estudiante resolviendo talleres prácticos sobre el desarrollo de los temas. - Componente de trabajo de laboratorio en relación con el análisis con la ayuda de probetas, muestras o prototipos experimentales o mediante simulación. - Componente de trabajo de campo para retomar lo visto en clase. - Componentes de temas de profundización sobre los temas asignados. <p>Componente de investigación. Se propende por la consulta en bases de datos sobre temas de actualidad, así como la participación en grupos de investigación del programa, en temas relacionados con la asignatura.</p>
Seminario V	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo. Formula de manera coherente con la planeación y metodología prevista el estado de avance de la investigación doctoral.	El trabajo estará orientado por el tutor, quien lo orientará en la revisión del estado del arte y definirá los aspectos teóricos y conceptuales en los cuales el estudiante debe ahondar en el conocimiento. Tutoría y acompañamiento Toda la asignatura está dirigida y acompañada por el tutor de tesis de manera constate, así como por el equipo docente que integra el programa. Trabajo independiente La base fundamental de esta asignatura es el trabajo independiente, donde se requiere la dedicación y compromiso del estudiante del doctorado con el fin de conseguir sus objetivos frente a la propuesta de tesis.	<ul style="list-style-type: none"> - Componente de trabajo individual referente a lecturas y consultas relacionadas sobre los temas tratados. - Componente de trabajo individual del estudiante resolviendo talleres prácticos sobre el desarrollo de los temas. - Componente de trabajo de laboratorio en relación con el análisis con la ayuda de probetas, muestras o prototipos experimentales o mediante simulación. - Componente de trabajo de campo para retomar lo visto en clase. - Componentes de temas de profundización sobre los temas asignados. - Componente de investigación. Se propende por la consulta en bases de datos sobre temas de actualidad, así como la participación en grupos de investigación del programa, en temas relacionados con la asignatura.
Seminario VI	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las	El trabajo estará orientado por el tutor, quien lo orientará en la revisión del estado del arte y definirá los aspectos teóricos y conceptuales en los cuales el estudiante debe ahondar en el conocimiento. Tutoría y acompañamiento Toda la asignatura está dirigida y acompañada por el tutor de tesis de manera constate, así como por el equipo docente que integra el programa. Trabajo independiente La base fundamental de esta asignatura es el trabajo independiente, donde se requiere la dedicación y compromiso del estudiante del doctorado con el fin de conseguir sus objetivos frente a la propuesta de tesis.	<ul style="list-style-type: none"> - Componente de trabajo individual referente a lecturas y consultas relacionadas sobre los temas tratados. - Componente de trabajo individual del estudiante resolviendo talleres prácticos sobre el desarrollo de los temas. - Componente de trabajo de laboratorio en relación con el análisis con la ayuda de probetas, muestras o prototipos experimentales o mediante simulación. - Componente de trabajo de campo para retomar lo visto en clase. - Componentes de temas de profundización sobre los temas asignados. - Componente de investigación. Se propende por la consulta en bases de datos sobre temas de actualidad, así como la participación en grupos de investigación del programa, en temas relacionados con la asignatura.



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Seminario VII	dificultades y soluciones en el proceso investigativo. Valida de manera correcta el uso de técnicas o cambios en el proceso experimental planeado en la propuesta de tesis. Crea nuevo conocimiento, expandiendo las fronteras de la ciencia e ingeniería de materiales a partir de los resultados obtenidos en la tesis de grado y abrir la posibilidad a nuevas aportaciones en el futuro en la disciplina.	Los contenidos serán presentados en forma de seminarios, con activa participación docente-docente, realizándose una evaluación de cada sesión abordada.	Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:
Seminario VIII	Relaciona las diferentes propiedades de los materiales, con la estructura cristalina, defectología y su comportamiento en servicio. Analiza diagramas termodinámicos de estabilidad de materiales del estado sólido, para establecer la estructura de los materiales y su selección. Desarrolla soluciones e interpretaciones acerca de los fenómenos que rodean la síntesis, estructura y desempeño de los materiales.	Trabajo directo Los estudiantes por medio de las clases magistrales tendrán las bases teóricas, a través de ejemplos y ejercicios que permiten comprender de manera clara las diferentes temáticas. El estudiante tendrá trabajo directo con el docente en el aula por medio de la ejecución de los ejercicios y la resolución de las dudas. Tutoría y acompañamiento: El docente según la disposición horaria y convenio con el estudiante prestara su asesoría ante las inquietudes originadas en el aula de clases o en trabajos extra-clase.	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante.
Estructura y propiedades de los materiales		Trabajo independiente Sera trabajo independiente aquel que es hecho por los estudiantes como una herramienta para fortalecer y afianzar los	<p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
		<p>conocimientos vistos en clase. Como resultado el docente orientara actividades con el fin de incrementar el nivel de apropiación de las temáticas y ayudar a los estudiantes en la resolución de dudas futuras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo.
Matemática Avanzada y Simulación	<p>Integra de manera adecuada las herramientas y metodologías para abordar la resolución de ecuaciones diferenciales. Aplica de manera conveniente las técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales teniendo en cuenta su clasificación, condiciones y variables, mostrando comprensión de dicha aplicación en casos reales del escenario experimental.</p> <p>Adapta de manera básica las técnicas de modelado computacional para la solución de ecuaciones diferenciales teóricas y basadas en resultados experimentales.</p>	<p>El proceso de aprendizaje se desarrollará por medio de:</p> <p>Sesiones Teóricas. Los recursos utilizados son sesiones del docente, proyector de transparencias, proyecciones con filmas (ordenador) y fotocopias de apoyo, esquemas y tablas. Las clases se desarrollan de manera interactiva con los alumnos, discutiendo los aspectos que resultan más difíciles o interesantes de cada tema.</p> <p>Sesiones de problemas. Se resuelven problemas tipo, haciendo hincapié en la comprensión del mecanismo de resolución y resaltando la relación de los problemas con aplicaciones prácticas</p> <p>Realización de clases prácticas (talleres). Los estudiantes aplicaran lo aprendido en las clases teóricas. Se discute la utilidad práctica de los conocimientos adquiridos en clases de teoría y aplicados en las clases prácticas.</p> <p>Realización de tutorías (actividades académicas dirigidas). Trabajo tutorizado con grupos reducidos donde el profesor /a orienta a los estudiantes para la realización de actividades que les ayuden a reforzar y asimilar los contenidos de la asignatura.</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo.



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
Caracterización y comportamiento de materiales	Integra de manera correcta el uso de técnicas de caracterización según el tipo de propiedades que se requiera, limitaciones de la técnica, requerimientos de preparación y/o disponibilidad tecnológica. Analiza de manera correcta los resultados provenientes de cada una de las técnicas experimentales a la que es	<p>Seminarios presentados por los estudiantes. Se dedicarán a explicar algún tema complementario. Fundamentalmente se dedicarán al desarrollo de conceptos que por razones temporales no puedan ser explicados en sesiones teóricas, pero que estén en el plan de organización docente. En ellos los estudiantes exponen las aplicaciones de interés científico y la relación con otras áreas de los temas tratados en la asignatura.</p> <p>Tutorías colectivas. Complementan las sesiones teóricas y prácticas, son sesiones dedicadas específicamente a la resolución de las dudas más frecuentes que hayan surgido a en los temas anteriormente explicados.</p> <p>Los estudiantes se organizan en grupos de trabajo de tres integrantes dentro del aula, de modo que puedan discutir entre ellos algún problema que se plantee al inicio de la clase, mientras el profesor interactúa con otro grupo. De esta forma la resolución de las dudas se hace más particular, dado el nivel rotativo y cobertura de la asesoría.</p> <p>Los contenidos serán presentados en forma de seminarios, con activa participación estudiantes-profesor, realizándose una evaluación de cada sesión abordada.</p> <p>Trabajo directo Los estudiantes por medio de las clases magistrales tendrán las bases teóricas, a través de ejemplos y ejercicios que permiten comprender de manera clara las diferentes temáticas. El estudiante tendrá trabajo directo con el docente en el aula por medio de la ejecución de los ejercicios y la resolución de las dudas.</p> <p>Tutoría y acompañamiento El docente según la disposición horaria y convenio con el estudiante prestara su asesoría ante las</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p>



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
	<p>sometido un material.</p> <p>Implementa el método más adecuado de caracterización de un material, identificando su principio físico de la técnica y la respuesta del material al estímulo.</p>	<p>inquietudes originadas en el aula de clases o en trabajos extra-clase.</p> <p>Trabajo independiente Sera trabajo independiente aquel que es hecho por los estudiantes como una herramienta para fortalecer y afianzar los conocimientos vistos en clase. Como resultado el docente orientara actividades con el fin de incrementar el nivel de apropiación de las temáticas y ayudar a los estudiantes en la resolución de dudas futuras.</p>	<p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo
<p>Electiva I Electiva II Electiva III</p>	<p>Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado.</p> <p>Contrasta problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.</p>	<p>La metodología se basa en el modelo planteado por la maestría, donde se busca que haya dos actores principales; los estudiantes y los grupos de investigación.</p> <p>De esta manera cada electiva será asignada a varios grupos que dominan y son expertos de las diferentes temáticas para que, a manera de interacciones basadas en las experiencias investigativas de los grupos, puedan generar las expectativas y ejemplos de aplicación de la investigación en el área de los materiales, procesos y obtención. Cada electiva será impartida de manera consecutiva por semestre, tiene un valor de 4 créditos. Los temas que se tratarán son los planteados en el documento y han surgido de los grupos de investigación, basado principalmente en los proyectos de los últimos años que ellos han realizado, generando una dinámica de actualización continua.</p> <p>En la misma electiva pueden intervenir varios docentes en las diferentes temáticas que se abordan. Aquí intervendrán principalmente los invitados nacionales y extranjeros de los grupos de investigación, para que los estudiantes cuenten con otros</p>	<p>Las estrategias de aprendizaje serán básicamente tres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exposición y ejecución del procedimiento por parte del profesor. - Ejecución guiada del procedimiento por parte del estudiante, o realizada en conjunto entre profesor y estudiante. - Ejecución independiente y autorregulada del procedimiento por parte del estudiante. <p>Estas etapas serán apoyadas con la utilización de recursos específicos, en función de la estrategia de que se trate, entre ellos la ejercitación, el modelamiento, instrucción directa o explícita, el análisis y la discusión.</p> <p>Los principios que regulan las estrategias pedagógicas planteadas, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y competencias - Integrar conocimientos - Incentivar el pensamiento crítico y creativo - Estimular el trabajo en grupo - Motivar al estudiante a la autoevaluación y la coevaluación - Incentivar el aprender a aprender



Cursos/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Estrategias de enseñanza	Estrategias de aprendizaje
		<p>puntos de vista e interrelaciones del conocimiento.</p> <p>Trabajo directo Los estudiantes por medio de las clases magistrales tendrán las bases teóricas, a través de ejemplos y ejercicios que permiten comprender de manera clara las diferentes temáticas. El estudiante tendrá trabajo directo con el docente en el aula por medio de la ejecución de los ejercicios y la resolución de las dudas.</p> <p>Tutoría y acompañamiento El docente según la disposición horaria y convenio con el estudiante prestará su asesoría ante las inquietudes originadas en el aula de clases o en trabajos extra-clase.</p> <p>Trabajo independiente: Será trabajo independiente aquel que es hecho por los estudiantes como una herramienta para fortalecer y afianzar los conocimientos vistos en clase. Como resultado el docente orientará actividades con el fin de incrementar el nivel de apropiación de las temáticas y ayudar a los estudiantes en la resolución de dudas futuras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar el emprendimiento y espíritu empresarial en los estudiantes - Propender una mayor capacidad de análisis - Motivar la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente - Estimular el espíritu investigativo

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

4.2.4 Talento humano que apoya el proceso pedagógico

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales describe las siguientes características generales de su talento humano según las actividades académicas desarrolladas en el programa y el tipo de personal que lo acompaña.

Tabla 11. Talento humano que apoya el proceso pedagógico

Actividad Académica	Descripción	Tipo de personal
Cursos Componente Interdisciplinar (electivas)	Docente con título de Doctor, con experiencia investigativa con título de doctorado en metalurgia e ingeniería de materiales, ciencia e ingeniería de materiales, física de materiales, ingeniería mecánica o áreas a fines con los propósitos de formación del programa previa verificación por parte del comité curricular del programa.	Profesor
Cursos Componente Profundización (electivas)	Docente con título de Doctor, con experiencia investigativa con título de doctorado en metalurgia e ingeniería de materiales, ciencia e ingeniería de materiales, física de materiales, ingeniería mecánica o áreas a fines con los propósitos de formación del programa previa verificación por parte del comité curricular del programa.	Profesor



Actividad Académica	Descripción	Tipo de personal
Cursos Componente Investigación, Producción e Innovación	Docente con título de Doctor, con experiencia investigativa con título de doctorado en metalurgia e ingeniería de materiales, ciencia e ingeniería de materiales, física de materiales, ingeniería mecánica o áreas a fines con los propósitos de formación del programa previa verificación por parte del comité curricular del programa.	Profesor
Producto Final de Grado	Docente con título de Doctor, con experiencia investigativa con título de doctorado en metalurgia e ingeniería de materiales, ciencia e ingeniería de materiales, física de materiales, ingeniería mecánica o áreas a fines con los propósitos de formación del programa previa verificación por parte del comité curricular del programa.	Director, jurados evaluadores, codirector

4.2.5 Organización de las Actividades Académicas

A continuación, se presenta la organización de las actividades de cada una de las asignaturas del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, los resultados de aprendizaje planteados y los contenidos temáticos centrales:

Tabla 12. Organización de las actividades académicas

Semestre Académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Primer	Estructura y Propiedades de los Materiales	810947 6	Teórica	1. Relaciona las diferentes propiedades de los materiales, con la estructura cristalina, defectología y su comportamiento en servicio. 2. Analiza diagramas termodinámicos de estabilidad de materiales del estado sólido, para establecer la estructura de los materiales y su selección. 3. Desarrolla soluciones e interpretaciones acerca de los fenómenos que rodean la síntesis, estructura y desempeño de los materiales.
Contenidos Temáticos Centrales				
Introducción				
Enlace atómico				
Estructura de sólidos cristalinos				
Defectos cristalinos y estructuras no cristalinas - imperfección				
Dislocaciones y mecanismos de endurecimiento				
Diagramas de fase				
Seminario: Algunas propiedades físicas de los materiales				
Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Primer	Matemática Avanzada y Simulación	810947 7	Teórica	1. Integra de manera adecuada las herramientas y metodologías para abordar la resolución de ecuaciones diferenciales.

2. Aplica de manera conveniente las técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales teniendo cuenta su clasificación, condiciones y variables, mostrando comprensión de dicha aplicación en casos reales del escenario experimental.
3. Adapta de manera básica las técnicas de modelado computacional para la solución de ecuaciones diferenciales teóricas y basadas en resultados experimentales.

Contenidos Temáticos Centrales

Introducción a las ecuaciones diferenciales
Ecuaciones diferenciales de primer orden
Ecuaciones diferenciales de orden superior y sistemas de ecuaciones
Solución de ecuaciones diferenciales mediante series
Ecuaciones diferenciales parciales
Métodos numéricos
Diseño de experimentos

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Segundo	Caracterización y comportamiento de los materiales	810947 9	Teórica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integra de manera correcta el uso de técnicas de caracterización según el tipo de propiedades que se requiera, limitaciones de la técnica, requerimientos de preparación y/o disponibilidad tecnológica. 2. Analiza de manera correcta los resultados provenientes de cada una de las técnicas experimentales a la que es sometido un material. 3. Implementa el método más adecuado de caracterización de un material, identificando su principio físico de la técnica y la respuesta del material al estímulo.

Contenidos Temáticos Centrales

1-Microscopía óptica
2-Difracción de rayos X (DRX)
3-Microscopía electrónica de barrido (MEB=SEM)
4-Microanálisis (EDX)
5-Fluorescencia de rayos X (FRX)
6-Espectrometría óptica de emisión (OES) con fuente de chispa

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Segundo	Electiva I	810948 0	Teórica	1. Integra avances recientes en tecnologías de



caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado.
2. Resuelve problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.

Contenidos Temáticos Centrales

Tópicos especiales de nuevos materiales
Tecnologías y procesos de fabricación y manufactura
Degradación, caracterización e integridad de materiales
Simulación de procesos y obtención de materiales
Procesos modernos de extracción y obtención de materiales

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Tercer	Electiva II	810948 2	Teórica	1. Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado. 2. Resuelve problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.

Contenidos Temáticos Centrales

Tópicos especiales de nuevos materiales
Tecnologías y procesos de fabricación y manufactura
Degradación, caracterización e integridad de materiales
Simulación de procesos y obtención de materiales
Procesos modernos de extracción y obtención de materiales

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Tercer	Electiva III	810948 3	Teórica	1. Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado. 2. Resuelva problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos

Contenidos Temáticos Centrales

Tópicos especiales de nuevos materiales
Tecnologías y procesos de fabricación y manufactura
Degradación, caracterización e integridad de materiales
Simulación de procesos y obtención de materiales
Procesos modernos de extracción y obtención de materiales

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
--------------------	-----------------	--------	---------------	---



Primer	Seminario I	810947 5	Teórica	<p>1. Formula proyectos de investigación coherentes con los conocimientos, técnicas y metodologías vistas en el seminario.</p> <p>2. Elabora estados de arte mediante la búsqueda de información científica en bases de datos actualizadas.</p> <p>3. Argumenta hipótesis de investigación y propongo de técnicas experimentales para su comprobación.</p>
<p>Contenidos Temáticos Centrales</p> <p>Introducción</p> <p>El conocimiento y la ciencia</p> <p>El método científico</p> <p>La idea y el problema científico</p> <p>Marco teórico</p> <p>Definición del alcance de la investigación a realizar</p> <p>La hipótesis</p> <p>Variables en la investigación</p> <p>Métodos de la investigación</p> <p>Universo, muestra, diseño de la investigación</p>				

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
--------------------	-----------------	--------	---------------	---

Segundo	Seminario II	810947 8	Teórica	<p>1. Formula de manera coherente un diseño experimental, ceñido por un entendimiento correcto de las variables y su correlación.</p> <p>2. Construye métodos de análisis estadístico y probabilístico de hipótesis permitiendo la comprensión de grandes volúmenes de información y variabilidad.</p> <p>3. Sustenta de manera coherente y argumentada la propuesta de investigación basado en el estado del arte para evaluada por expertos nacionales en el área de estudio.</p>
---------	--------------	-------------	---------	---

- Contenidos Temáticos Centrales
1. Elaboración del Diseño de Investigación.
 2. Instructivo General protocolos de elaboración de cronogramas, presupuesto.
 3. Estadística base de investigaciones científicas.
 4. Diseños de Muestreo.
 5. Formulación y contraste de hipótesis en un proceso de investigación.
 6. Análisis de Regresión Múltiple.
 7. Fundamentos Diseños experimentales de investigación.
 8. Diseños con cero restricciones en la aleatorización.
 9. Pruebas de Comparaciones Múltiples.
 10. Diseño con más de una restricción en la aleatorización.
 11. Diseños Factoriales

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
--------------------	-----------------	--------	---------------	---



Tercer	Seminario III	810948 1	Teórica	<p>1. Genera productos de investigación de impacto bajo los parámetros, técnica y recomendaciones vistas en clase.</p> <p>2. Refleja de manera coherente, organizada y sistemática resultados de investigación.</p> <p>3. Discute y socializa resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.</p>
--------	---------------	-------------	---------	--

Contenidos Temáticos Centrales

La experimentación
Manejo de la información
El software de administración de proyectos
El Informe de Investigación y su lógica estructural
Mecanismos de Difusión Científica

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Cuarto	Seminario IV	810948 4	Teórica	Discute resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.

Contenidos Temáticos Centrales

Introducción
El proyecto de investigación (socialización de proyectos)
La defensa del proyecto de investigación

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Cuarto	Seminario de Investigación presentación propuesta de tesis	810961 8	Teórica	<p>1. Construye de manera coherente su propuesta de tesis, de manera que pueda presentar una versión global y holística sobre las problemáticas, restos y posibilidades de la disciplina.</p> <p>2. Elabora preguntas de manera asertiva, dudas, críticas acerca del trabajo propio o de otros..</p>

Contenidos Temáticos Centrales

Introducción
El proyecto de investigación (socialización de proyectos)
La defensa del proyecto de investigación

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
--------------------	-----------------	--------	---------------	---



Quinto	Seminario V	810961 9	Teórica	1. Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo. 2. Formula de manera coherente con la planeación y metodología prevista el estado de avance de la investigación doctoral.
--------	-------------	-------------	---------	---

Contenidos Temáticos Centrales

En el avance de la asignatura, el estudiante de manera autónoma, con acompañamiento del tutor, desarrolla la metodología planteada para el logro de los objetivos de la tesis doctoral, en donde realiza las pruebas de laboratorio correspondientes, además puede programar la(s) pasantía(s) que haya a lugar en el avance de la tesis doctoral.

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Sexto	Seminario VI	810962 0	Teórica	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo.

Contenidos Temáticos Centrales

En el avance de la asignatura, el estudiante de manera autónoma, con acompañamiento del tutor, desarrolla la metodología planteada para el logro de los objetivos de la tesis doctoral, en donde realiza las pruebas de laboratorio correspondientes, además puede programar la(s) pasantía(s) que haya a lugar en el avance de la tesis doctoral.

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Séptimo	Seminario VII	810962 1	Teórica	Valida de manera correcta el uso de técnicas o cambios en el proceso experimental planeado en la propuesta de tesis.

Contenidos Temáticos Centrales

En el avance de la asignatura, el estudiante de manera autónoma, con acompañamiento del tutor, desarrolla la metodología planteada para el logro de los objetivos de la tesis doctoral, en donde realiza las pruebas de laboratorio correspondientes, además puede programar la(s) pasantía(s) que haya a lugar en el avance de la tesis doctoral.

Semestre académico	Curso/Seminario	Código	Tipo de Curso	Resultado de Aprendizaje de Curso/Seminario
Octavo	Seminario VIII Consolidación y presentación de la tesis	810962 2	Teórica	Crea nuevo conocimiento, expandiendo las fronteras de la ciencia e ingeniería de materiales a partir de los resultados obtenidos en la tesis de grado y abrir la posibilidad a nuevas aportaciones en el futuro en la disciplina.

Contenidos Temáticos Centrales

En el avance de la asignatura, el estudiante de manera autónoma, con acompañamiento del tutor, desarrolla la metodología planteada para el logro de los objetivos de la tesis doctoral, en donde realiza las pruebas de laboratorio correspondientes, además puede programar la(s) pasantía(s) que haya a lugar en el avance de la tesis doctoral.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023



4.3 Componente de interacción:

La Investigación científica es el eje articulador de la actividad académica en todos los niveles de formación en la UPTC y está orientada a través de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión - VIE, y la Vicerrectoría Académica; y definida como política institucional. A nivel de las facultades, la investigación y la extensión están coordinadas por los respectivos Centros de Investigación, que para el caso de la Facultad de Ingeniería es el CEDEC.

A continuación, se define esta tabla de interacciones de acuerdo con el nivel de formación para el programa del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales

4.3.1 Interacción con el proceso formativo, dinámica del entorno y aspectos curriculares

Tabla 13. Articulación de los componentes de interacción con el proceso formativo

Articulación de los componentes de interacción con el proceso formativo del programa (Relación estudiantes - profesores)	
Tipo	Descripción
Clases magistrales	Docente por asignatura: docente experto en la temática de la asignatura propuesta en el plan de estudios del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, con los conocimientos apropiados para el desarrollo de la asignatura. En las cuales el docente explica los conceptos relacionados con los diferentes contenidos temáticos.
Clase participativa	Se efectúa en diferentes momentos de acuerdo el tema a trabajar, a través de: Indagación, simulación, aplicación, apropiación y socialización.
Tutorías y acompañamiento	En las cuales el docente y cada estudiante trabajan en temas específicos de duda y se discute diferentes aspectos y fases de trabajos, proyectos y demás actividades de trabajo individual o grupal.
Trabajo colaborativo	Los estudiantes en trabajo colaborativo, conformando equipos y en coordinación con el docente, definen tareas, dimensiones, fases o procesos, de manera que los trabajos asignados puedan ser desarrolladas y discutidos en un grupo a partir del aporte individual.
Investigación formativa	Los estudiantes con ayuda del docente definen preguntas de investigación, revisión bibliográfica y metodologías que permitan desarrollar proyectos de clase que se puedan publicar en el aula o en eventos académicos o científicos, a nivel de Semilleros o jóvenes investigadores.
Dirección	Tutoría y acompañamiento en el desarrollo del trabajo de grado, el cual cuenta con una asignación de 10 créditos académicos.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

Tabla 14. Interacción de profesores y estudiantes a la dinámica del entorno

Interacción de profesores y estudiantes a la dinámica del entorno (Estudiantes y profesores con el entorno).	
Tipo	Descripción
Visitas prácticas a campo y laboratorios especializados	El conocimiento completo de los contenidos requiere de laboratorios prácticos, así como, visitas a sitios de obras o sectores con casos reales de ingeniería geotécnica, con la coordinación, dirección y explicación del docente.



Investigación	Los estudiantes y docentes participando en grupos y semilleros de investigación, interactúan con las comunidades académicas y científicas a nivel local, regional e internacional.
Trabajo de Grado	Trabajo de Grado

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

Tabla 15. Relaciones y dinámicas que aporten a los aspectos curriculares

Relaciones y dinámicas que aporten a los aspectos curriculares (redes de cooperación, investigación, convenios, etc.)

Tipo	Descripción
Material de lectura y trabajo	Preparación para clase mediante guías prácticas, lecturas, artículos, capítulos de libro, videos, tutoriales web, blogs especializados.
Aula virtual de aprendizaje	Con la ayuda de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y el espacio del aula virtual se publican documentos, enlaces de internet y videos para la revisión por parte de los estudiantes.
Problemas de estudio de caso	En el cual los estudiantes, mediante estudios de caso de ingeniería geotécnica, puedan identificar problemáticas, analizarlas según las metodologías aprendidas, y así, se propongan estrategias para su solución.
Entornos Virtuales de Aprendizaje	Utilización de las ayudas para generar una participación activa fuera del aula, tales como foros, encuestas y demás herramientas que el aula virtual brinda para generar interacción de información entre estudiantes o con el docente. También se contempla la creación de blogs, videos, páginas web en el desarrollo de cada curso.
Desarrollo de un proyecto por asignatura	Se basa en la entrega y explicación de un proyecto final en cada asignatura, donde se evalúen los conocimientos y competencias adquiridas durante el desarrollo de la asignatura.
Contenidos en una segunda Lengua	Se propenderá porque todos los temas puedan ser conocidos en inglés, a fin de conocer el vocabulario internacional propio de la especialidad, así como se motive, con la ayuda de los entornos personales de aprendizaje y participación, a la utilización del idioma inglés en las consultas y entregas de cada curso.
Trabajo de Grado	El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales plantea dentro de su plan de estudio el Trabajo de Grado, aunque se trata de un programa en modalidad profundización el estudiante del programa deberá desarrollar un trabajo de grado que dé respuesta a la solución de problemas a nivel local, regional y nacional en el área de geotecnia.

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

4.3.2 Gestión de la internacionalización

El Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales considera que la internacionalización es una característica de alto valor para el desarrollo de los procesos formativos de la academia y el desarrollo profesional de los egresados. Es por ello que, en articulación con las necesidades y desarrollos actuales en la materia, el programa de doctorado y la Universidad han generado diferentes estrategias para estimular la movilidad, el perfeccionamiento y crecimiento de los estudiantes del Programa.

La Institución, a través de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, que es el programa soporte del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, organiza anualmente eventos relacionados con la construcción. Adicionalmente, la Dirección de Investigaciones de la UPTC desarrolla semestralmente actividades sobre los avances o cambios en la ciencia mundial donde participa toda la comunidad académica.



En el desarrollo del programa se buscará que se organice y participe la comunidad académica del doctorado en eventos conjuntos con otras instituciones sobre temas relacionados con la ingeniería y la ciencia de los materiales.

Profundización en lenguas y culturas extranjeras

La profundización en lenguas y culturas extranjeras, como se ha mencionado, es un eje movilizador en el intercambio estudiantil y docente; en conjunto con la formación de docentes y estudiantes, que permitirá abrir espacios para llevar la formación a la práctica, bien sea en cursos de inmersión o en espacios que permitan el desarrollo del proceso de aprendizaje. Sumado al intercambio cultural, se proporcionará a la comunidad universitaria una mirada global y un acercamiento más considerado ante el mundo. Por otro lado, será vital involucrar a los funcionarios en este proceso, y una manera de sensibilizarlos es formándolos en una lengua extranjera por medio de cursos que les dé las herramientas para responder a los cambios institucionales e interactuar con estudiantes o docentes extranjeros.

4.4 Conceptualización teórica y epistemológica del programa

4.4.1 Fundamentos teóricos de programa

La UPTC tiene una larga trayectoria investigativa y académica en el campo específico de la Ingeniería, capacitando profesionales en áreas como la ingeniería : Metalurgia, Transporte y Vías, Sistemas, Civil, Electrónica, Electromecánica, Minas, Geología e Industrial, observando siempre las necesidades de conocimiento existentes en la región a nivel local y nacional, a fin de brindar apoyo a sectores que requieren de profesionales capacitados, que satisfagan de manera real las necesidades y expectativas de las comunidades y contribuyendo con el desarrollo autónomo de la región, además de fortalecerse a nivel institucional.

La experiencia que los grupos de investigación de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Ciencias Básicas han tenido en la contribución a la solución de problemas de la industria regional y nacional se consolida como un pilar en el desarrollo tecnológico del país. Esta trayectoria se plasma en los proyectos de investigación que los grupos han realizado de la mano de empresas como ECOPELROL, Hocol, Petrobrás, ATP ingeniería, Cerromatoso S.A, Acerías Paz del Río, Indumil, entre otras, en las que como resultado de estos proyectos de investigación se ha logrado contribuir, con aciertos tecnológicos, en el mejoramiento de los procesos e innovar en la oferta de productos con valor agregado. Esto se ha logrado gracias al trabajo aunado de los distintos saberes conexos a la ciencia de materiales como son ingenierías, física y química y a la participación activa de los grupos de investigación institucionales e interinstitucionales.

Es así como el Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales que ofrece la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia a través del Facultad de Ingeniería y

el programa de ingeniería Metalúrgica, se proyecta como un doctorado que orientará la formación a la investigación, aplicada a la solución de problemas reales en el sector industrial, impactando las cadenas productivas de tal manera que se traduzcan en procesos más competitivos e innovadores. Todo esto sustentado en la sólida trayectoria de trabajo Universidad-Empresa, que a través del Doctorado se ha venido consolidando y a la articulación interdisciplinaria de los grupos de investigación teóricos y experimentales que aúnan sus conocimientos para dar soporte científico y tecnológico a la innovación y al desarrollo industrial de la región y el país abordando temáticas concretas y estratégicas en el campo global de los materiales.

4.4.2 Fundamentación Metodológica del Programa

Las Estrategias Metodológicas que plantea el programa de Doctorado permiten identificar principios, criterios y procedimientos que configuran la forma de actuar del docente en relación con la programación, implementación y evaluación del proceso de enseñanza - aprendizaje.

Las estrategias metodológicas del aprendizaje se fundamentan en la pedagogía activa, basada en un aporte significativo de los estudiantes, los cuales desarrollan sus competencias mediante la realización de talleres, proyectos, investigaciones, lecturas, ejercicios y actividades dentro y fuera del aula, en concordancia con los objetivos y destrezas planteados en el currículo. Las actividades pedagógicas específicas que se desarrollan son:

- Preparación para clase mediante material de lectura y trabajo.
- Clases magistrales.
- Clase Participativa.
- Tutorías y acompañamiento.
- Aprendizaje basado en la investigación.
- Aula virtual de aprendizaje.
- Trabajo colaborativo.
- Aprendizaje basado en problemas.
- Entornos virtuales de aprendizaje.
- Aprendizaje de contenidos en una segunda lengua.
- Visitas prácticas a campo y laboratorios especializados.

4.5 Mecanismos de evaluación:

La evaluación del proceso de aprendizaje, en el programa de Doctorado en ingeniería y ciencia de los materiales, es continua, y tiene componentes colectivos e individuales. Las evaluaciones buscan identificar el nivel alcanzado de los resultados de aprendizaje; la evaluación no solo es un elemento de juicio para asignar una calificación, sino que es parte fundamental del proceso que permite identificar debilidades o falencias en el proceso de construcción y apropiación de conocimiento por parte de los estudiantes, y guía al docente para establecer mecanismos de realimentación.



4.5.1 A los estudiantes

a. Proceso de selección

El proceso de selección será responsabilidad del Comité de Currículo del Área Disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, donde se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Títulos Académicos: Clasificatorios
- Evaluación de Hoja de Vida: 30 puntos
- Promedio de Calificaciones de pregrado: 5 puntos
- Reconocimientos Académicos: 5 puntos
- Trayectoria docente investigativa y/o profesional: 15 puntos
- Ponencias y Publicaciones: 5 puntos
- Examen de Conocimientos básicos de la Ingeniería y la Ciencia de los Materiales: 50 puntos
- Entrevista ante el Comité de Currículo: 10 Puntos
- Examen de Conocimientos de una segunda lengua: 10 puntos.

Para ser admitidos, el aspirante deberá obtener como mínimo 60 puntos, en el proceso de selección.

PARÁGRAFO: El Comité de Currículo por cada Área Disciplinar de la Facultad, establecerá y publicará, previa apertura de la convocatoria, los criterios de selección y su ponderación. La Coordinación Académica de cada Área Disciplinar de la facultad hará el trámite correspondiente de aceptación de los admitidos.

b. Proceso Formativo

El Programa entiende que la evaluación del aprendizaje es factor que estimula la reflexión e interés de los estudiantes por superar las metas de formación que fundamentan el programa de Doctorado. Esta herramienta determina la experiencia de éxito o de fracaso de los estudiantes en relación con el nivel de conocimiento que aspiran alcanzar, lo que puede tener repercusiones personales importantes desde el punto de vista socio afectivo. Es por ello que el diseño de la evaluación se enfoca a que el profesor ayude a los alumnos a superar ciertas dificultades, es decir, que la evaluación no sea percibida como un juicio, sino como una ocasión para aprender.

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales se rige por el Acuerdo 022 de 2010, y/o la norma que lo modifica parcialmente Acuerdo 064 de 2011, estipula los mecanismos de evaluación, admisión y selección al programa, así mismo por el Acuerdo 052 de 2012, Reglamento estudiantil de Posgrados o la norma que lo modifique o sustituya.

Todos los estudiantes tienen la oportunidad de mostrar sus avances en el conocimiento y el desarrollo de destrezas útiles en la práctica profesional de la ingeniería geotécnica, mediante seguimiento a clase y evaluación de tipo individual y colectiva.



El Programa tiene en cuenta el artículo 29 del Acuerdo 052 de 2012, en el cual se definen criterios para la evaluación de estudiantes en relación con su desempeño; de esta manera, todas las actividades académicas se evalúan cualitativa y cuantitativamente en la escala de cero puntos cero (0.0) a cinco puntos cero (5.0). Además, para aprobar las asignaturas es necesario asistir al 80% de las actividades presenciales y obtener nota mínima aprobatoria de 3.5. Ninguna de las asignaturas cursadas puede ser habilitada.

El Programa entiende que la evaluación del aprendizaje es uno de los factores que más influye en el interés de los estudiantes por aprender. Adicionalmente, determina una experiencia de éxito o de fracaso, lo que puede tener repercusiones personales importantes desde el punto de vista socio afectivo. Es por ello que el diseño de la evaluación se enfoca a que el profesor ayude a los alumnos a superar ciertas dificultades, es decir, que la evaluación no sea percibida como un juicio sino como una ocasión para aprender.

c. Sistema de Seguimiento al Logro

Seguimiento al logro de los Resultados de Aprendizaje, el cual se puede dar de las siguientes formas:

Tabla 16. Mecanismos de Seguimiento al logro de los Resultados de Aprendizaje

Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Seguimiento al logro
Seminario I	Formula proyectos de investigación coherentes con los conocimientos, técnicas y metodologías vistas en el seminario. Elabora estados de arte mediante la búsqueda de información científica en bases de datos actualizadas Argumenta hipótesis de investigación y propongo de técnicas experimentales para su comprobación.	En el transcurso del desarrollo del programa se evaluará la capacidad del estudiante para apropiar los conocimientos y el docente realizar el seguimiento mediante distintas metodologías donde pueda demostrarse el logro de los resultados de aprendizaje propuestos.
Seminario II	Formula de manera coherente un diseño experimental, ceñido por un entendimiento correcto de las variables y su correlación. Construye métodos de análisis estadístico y probabilístico de hipótesis permitiendo la comprensión de grandes volúmenes de información y variabilidad. Sustenta de manera coherente y argumentada la propuesta de investigación basado en el estado del arte para evaluada por expertos nacionales en el área de estudio.	- Entre las estrategias aplicadas pueden estar el estudio de casos - Desarrollo de prácticas, solución a problemas numéricos - Disertaciones y en general, metodologías que permitan evidenciar el avance del estudiante en estas temáticas.
Seminario III	Genera productos de investigación de impacto bajo los parámetros, técnica y recomendaciones vistas en clase.	



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Seguimiento al logro
	Refleja de manera coherente, organizada y sistemática resultados de investigación.	
	Discute y socializa resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.	
Seminario IV	Discute resultados, hipótesis y procesos experimentales por medio de presentaciones orales de gran valor académico, en eventos científicos nacionales, internacionales y/o al interior del programa.	
Seminario de Investigación: Presentación de propuesta de tesis.	Construye de manera coherente su propuesta de tesis, de manera que pueda presentar una versión global y holística sobre las problemáticas, restos y posibilidades de la disciplina. Elabora preguntas de manera asertiva, dudas, críticas acerca del trabajo propio o de otros.	El comité curricular hará el seguimiento mediante la radicación de la propuesta doctoral avalado por su director y codirector.
Seminario V	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo. Formula de manera coherente con la planeación y metodología prevista el estado de avance de la investigación doctoral.	El comité curricular hará el seguimiento mediante el sometimiento de un artículo, dentro de sus requisitos de grado
Seminario VI	Refleja de manera clara el estado de avance de los resultados más destacados de la tesis, así como el correcto análisis de las dificultades y soluciones en el proceso investigativo.	
Seminario VII	Valida de manera correcta el uso de técnicas o cambios en el proceso experimental planeado en la propuesta de tesis.	El comité curricular hará el seguimiento mediante el sometimiento de un artículo, dentro de sus requisitos de grado
Consolidación y presentación de la tesis	Crea nuevo conocimiento, expandiendo las fronteras de la ciencia e ingeniería de materiales a partir de los resultados obtenidos en la tesis de grado y abrir la posibilidad a nuevas aportaciones en el futuro en la disciplina.	El comité curricular hará el seguimiento mediante la radicación de la tesis doctoral
Estructura y propiedades de los materiales	Relaciona las diferentes propiedades de los materiales, con la estructura cristalina, defectología y su comportamiento en servicio. Analiza diagramas termodinámicos de estabilidad de materiales del estado sólido, para establecer la estructura de los materiales y su selección. Desarrolla soluciones e interpretaciones acerca de los fenómenos que rodean la síntesis, estructura y desempeño de los materiales.	El comité curricular realizara seguimiento de las calificaciones consignadas en el sistema de información institucional.



Curso/ Seminario	Resultados de aprendizaje Curso/ Seminario	Seguimiento al logro
Matemática Avanzada y Simulación	<p>Integra de manera adecuada las herramientas y metodologías para abordar la resolución de ecuaciones diferenciales.</p> <p>Aplica de manera conveniente las técnicas de resolución de ecuaciones diferenciales teniendo cuenta su clasificación, condiciones y variables, mostrando comprensión de dicha aplicación en casos reales del escenario experimental.</p> <p>Adapta de manera básica las técnicas de modelado computacional para la solución de ecuaciones diferenciales teóricas y basadas en resultados experimentales.</p>	
Caracterización y comportamiento de materiales	<p>Integra de manera correcta el uso de técnicas de caracterización según el tipo de propiedades que se requiera, limitaciones de la técnica, requerimientos de preparación y/o disponibilidad tecnológica.</p> <p>Analiza de manera correcta los resultados provenientes de cada una de las técnicas experimentales a la que es sometido un material.</p> <p>Implementa el método más adecuado de caracterización de un material, identificando su principio físico de la técnica y la respuesta del material al estímulo.</p>	
Electiva I	Integra avances recientes en tecnologías de caracterización, procesos y fabricación de nuevos materiales a su formación y al desarrollo de su trabajo de grado.	
Electiva II		
Electiva III	Contrasta problemas de complejidad que requieran el uso o conocimiento de materiales especiales o procesos alternativos.	

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

4.5.2 A los docentes

a. Proceso de selección

Basados en el Acuerdo 025 de 2012, por el cual se reglamentan los estudios de Formación Posgraduada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, para ser profesor de un programa de Doctorado se requiere, como mínimo, acreditar un título equivalente al que ofrece el Doctorado y pertenecer a un grupo de investigación activo, en la respectiva área de conocimiento.

b. Evaluación tripartita

La evaluación del desempeño docente es un proceso integral a través del cual la Universidad valora la calidad y el cumplimiento de los actos de docencia, investigación, extensión, actividades de dirección académico – administrativas, capacitación y productividad académica, de conformidad con las funciones establecidas. El programa de



Doctorado se rige por la normatividad vigente aplicable por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para este propósito.

En la Universidad, la política y mecanismos de evaluación de profesores está reglamentada por el Acuerdo 066 de 2002. La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia tiene normas legales e institucionales establecidas en materia de evaluación de los profesores, con base en el Plan de Trabajo Académico semestral, PTA, cuyo formato lo aprueba la Resolución 030 de 2012, a través del Sistema de Evaluación Docente Institucional, SEDI; dicha información es utilizada para la evaluación de desempeño académico de cada profesor, en concordancia con lo establecido en el Estatuto del Profesor Universitario, Acuerdo 021 de 1993. En consecuencia, y con el propósito permanente de mejorar los procesos académicos del Programa, se reglamenta el sistema de evaluación del desempeño del profesor universitario mediante el Acuerdo 030 de 1994.

El Acuerdo 031 de 2007 establece que los instrumentos para la evaluación del desempeño docente son los provenientes de: relaciones estudiante-profesor, profesor - administración académica y profesor-plan de trabajo académico. Dichos instrumentos constituyen el horizonte para efectuar la evaluación docente con base en el PTA diligenciado. La evaluación tripartita de los docentes se realiza semestralmente a través del Sistema de Evaluación Docente Institucional – SEDI, y corresponde a la sumatoria cuantitativa de la evaluación estudiantil, evaluación de comité de currículo y autoevaluación con respecto a la docencia, investigación y extensión.

En concordancia con el Acuerdo 070 de 2016, en la evaluación de desempeño docente, los comités de currículos de la respectiva escuela de pregrado, a la cual pertenece el docente, deberán tener en cuenta la evaluación de los estudiantes de posgrado, la autoevaluación del docente, y la evaluación que hace el comité de currículo del respectivo programa de posgrado.

4.5.3 Al programa

a. Cultura de Autoevaluación

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales realiza sus procesos de autoevaluación teniendo como principal objetivo consolidar la cultura de la evaluación de la calidad, de tal forma que se genere un proceso de observación crítico de todos los procesos desarrollados por el programa para asegurar la calidad de los servicios que se ofrecen, involucrando para ello a toda la comunidad académica.

De cada proceso de autoevaluación que se realiza cada dos años, resulta un plan de mejoramiento donde se identifican aquellos aspectos de calidad en los cuales el programa necesita realizar ajustes o cambios. Como resultado de ese plan de mejoramiento se plantean las acciones de autorregulación, que se constituyen en los instrumentos de mejoramiento que se generan para alcanzar los estándares de calidad deseados.



b. Metodología de Trabajo de Autoevaluación en el Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales

El proceso de autoevaluación del programa se lleva a cabo en cabeza del Coordinador del programa el cual realiza un compendio de la información que se solicita y aplica en el modelo de autoevaluación de la UPTC con la colaboración del personal administrativo. Una vez se cuenta con la información solicitada por la guía se procede a la calificación de cada indicador, característica y factor en compañía del Comité de Currículo. Posteriormente con la evaluación realizada se detectan las debilidades y se continúa con la formulación del plan de mejoramiento.

ARTÍCULO 5.- INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y/O CREACIÓN ARTÍSTICA Y CULTURAL

5.1 Estrategias para promover la investigación en el programa.

La Dirección de Investigaciones –DIN-, es un organismo del gobierno universitario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia que se encarga de la formulación, vigilancia y ejecución de las políticas de investigación científica en la Institución. Está articulada a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, y sigue las políticas académicas de la Universidad. La investigación constituye una función misional de la naturaleza universitaria, junto con la docencia y la extensión, y está orgánicamente reconocida legal y administrativamente. Su misión es: "Consolidar la investigación formativa y científica de la comunidad académica, mediante estrategias que permitan fomentar el espíritu investigativo, para fortalecer grupos de investigación que conformen líneas y desarrollen proyectos. Articular el conocimiento científico hacia programas de maestría y doctorado en aras de la excelencia académica"

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, en concordancia con el Acuerdo 052 de 2012, plantea dentro de su plan de estudios la elaboración del trabajo de grado. Mediante el acuerdo 019 de 2018, el estudiante deberá desarrollar un proyecto de investigación, innovación o desarrollo tecnológico. El estudiante podrá presentar su trabajo de grado como una monografía sustentada, o la presentación de un producto de nuevo conocimiento, de desarrollo tecnológico o innovación que cumpla con requisitos del ministerio de ciencia y tecnología.

En el Acuerdo 064 del 2017, Artículo 1. – Modificación Parágrafo 3., del Artículo 11, del Acuerdo No. 022 del 2010 el cual quedaría así: "**PARÁGRAFO 3. Nivel de profundización de la Investigación.** A este nivel accederá aquel estudiante que haya superado el nivel de formación fundamental y disciplinar y demostrado su capacidad para formular propuestas de investigación científica, correspondiente a este nivel de candidatura. Esta etapa de desarrollo de la investigación irá acompañada por los seminarios de investigación, que son aquellos donde el tutor podrá verificar los logros y avances del estudiante en el tema de tesis doctoral".



En cada asignatura se promueve la investigación formativa, donde los estudiantes, con ayuda del docente, definen preguntas de investigación, revisión bibliográfica y metodologías, que permitan desarrollar proyectos de clase que se puedan publicar en el aula o en eventos académicos o científicos, a nivel de semilleros o jóvenes investigadores. Consecuentemente, los estudiantes se logran vincular a las líneas y proyectos de investigación de los grupos de investigación que soportan el Programa, continuando y contribuyendo en una investigación aplicada y en algunos casos una investigación científica. De esta manera, los estudiantes y docentes participando en grupos y semilleros de investigación, interactúan con las comunidades académicas y científicas a nivel local, regional e internacional.

5.2 Grupos y líneas de investigación que soportan el desarrollo del programa

Entre los grupos que comparten unas mismas líneas de investigación pero que estudian cada tema de un enfoque diferente, están: Grupo de Integridad y Evaluación de Materiales (GIEM); Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión (GSEC); Grupo de Catálisis de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (GC-UPTC) y el Grupo de Investigaciones en Física de Materiales. Además, se cuenta con grupos de investigación de apoyo como el Grupo de investigaciones interdisciplinario e interinstitucional de Carbones y Carboquímica; el Grupo de Investigaciones en Materiales Siderúrgicos; Grupo de Investigaciones y Desarrollo en Infraestructura Vial (GRINFRAVIAL) y el Grupo de investigaciones en Software (GIS).

Tabla 17. Grupos de Investigación que Soportan y Apoyan el desarrollo del programa

Grupo de investigación que la soporta / apoya	Fecha de creación	Líneas de investigación del grupo	Clasificación Colciencias (Convocatoria 894 de 2021)	link GrupLAC
Grupo de Integridad y Evaluación de Materiales - GIEM	2004 - 8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de falla 2. Análisis por sistemas de información georreferenciada 3. Caracterización de materiales 4. Inspección, monitoreo y control relacionados con corrosión. 5. Integridad mecánica de materiales 6. Materiales fotovoltaicos 7. Materiales pulvimetalúrgicos 8. Recubrimientos 	Categoría A1	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000004182
Grupo de Investigación en Materiales Siderúrgicos-GMS	1997 - 10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño, producción y caracterización de aleaciones. 2. Metalurgia Sostenible. 3. Procesos metalúrgicos y de manufactura. 4. Simulación termodinámica y cinética 	Categoría A	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000001944



Grupo de investigación que la soporta / apoya	Fecha de creación	Lineas de investigación del grupo	Clasificación Colciencias (Convocatoria 894 de 2021)	link GrupLAC
Grupo de Investigación en Ingeniería civil y ambiental - GICA	2006 - 01	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción. 2. Educación en Ingeniería y apropiación social del conocimiento. 3. Estructuras. 4. Geomática. 5. Gestión ambiental. 6. Materiales. 7. Medición y gestión de riesgos. 8. Recursos hidráulicos 	Categoría A	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000005396
Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión - GSEC	2002 -9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo y estudio de recubrimientos (Metálicos, Poliméricos, Cerámicos y organometálicos) 2. Física de las descargas eléctricas y sus aplicaciones tecnológicas 3. Instrumentación y Software en Electroquímica y Corrosión 4. Técnicas Electroquímicas 	Categoría A	https://scienti.colciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=000000001940/
Grupo interdisciplinario e Interinstitucional de Carbones y Carboquímica - GIC	1997 - 9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carboquímica 2. Pirolisis de Materiales Carbonosos 3. Tecnologías Limpias y energías alternativas 	Categoría C	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000001950
Grupo de Física Nuclear Aplicada y Simulación	2003 - 10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Espectroscopia de Mossbauer. 2. Física Médica. 3. Metrología de las radiaciones. 4. Física Forense. 5. Protección Radiológica. 6. Radiofísica. 7. Simulación de la interacción radiación materia. 	Categoría A	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000000520
Grupo de Metalurgia No Ferrosa	2012 - 6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Beneficio de Minerales 2. Procesamiento hidrometalúrgico de materiales no ferrosos. 3. Procesamiento pirometalúrgico de materiales no ferrosos. 4. Procesos de metalurgia extractiva sostenible y aprovechamiento de residuos. 	Categoría B	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000014580#~:text=Plan%20de%20trabajo%3A%20El%20Grupo%20Metalurgia%20No%20Ferrosa.econ%C3%B3mico%20en%20el%20C3%A1mbito%20regional%20C%20nacional%20e%20internacional.



Grupo de investigación que la soporta / apoya	Fecha de creación	Lineas de investigación del grupo	Clasificación Colciencias (Convocatoria 894 de 2021)	link GrupLAC
Grupo de Investigación desarrollo y Aplicaciones de Nuevos Materiales - DANUM	2007	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiales Poliméricos. 2. Química Medicinal. 3. Síntesis y Funcionalización de Aluminosilicatos para remediación Ambiental 	Categoría B	https://scienti.colciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000006350
Grupos de Catálisis de UPTC-GC- UPTC	1997	<ol style="list-style-type: none"> 1. Catálisis Enantioselectiva 2. Catálisis Enzimática 3. Catálisis por metales y óxidos metálicos 4. Fotocatálisis heterogénea 5. Separación con membranas 	Categoría A1	https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000000641 /

Fuente: Elaboración Propia – GrupLAC

ARTÍCULO 6.- RELACION CON EL SECTOR EXTERNO:

6. Desde la docencia

El currículo del programa utilizará los trabajos de investigación como estrategia para identificar y planear soluciones a problemas de la comunidad. Los trabajos de grado, artículos y ponencias elaborados por los estudiantes del Doctorado, son el soporte y síntesis de la generación de nuevo conocimiento. Por medio del Centro de Gestión de Investigación y Extensión de la Facultad de Ingeniería - CEDEC, se ponen a disposición de estudiantes, graduados y comunidad interesada los trabajos de grado sustentados de los estudiantes de Doctorado, y de esta manera se da a conocer las investigaciones realizadas.

a. Desde la Investigación

A nivel institucional, las políticas y estrategias de apoyo a la investigación son establecidas por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y por la Dirección de Investigaciones (DIN), que buscan promover, apoyar y administrar los procesos investigativos, y articularlos con los demás procesos de formación que se realizan en los distintos programas académicos de pregrado y posgrado que ofrece la universidad. Igualmente, la Facultad de Ingeniería, cuenta con el Centro de gestión de Investigación y Extensión de la Facultad de Ingeniería - CEDEC, que promueve y controla el desarrollo de las investigaciones desarrolladas por los grupos de investigación y los docentes adscritos a la Facultad.

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia incentiva la participación de docentes y estudiantes en proyectos de investigación, tal es el caso que el programa cuenta con jóvenes investigadores que son apoyados por la UPTC y Minciencias para promover el desarrollo investigativo de la Universidad, el programa y cada grupo de investigación.



b. Desde la Extensión

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia cuenta con políticas definidas que guían el trabajo de extensión y proyección social, fundamentalmente, en la relación Institución-Entorno. En la extensión universitaria se da iniciativa para las actividades de extensión y proyección social en combinación con los centros de investigación de cada facultad de la institución. En el procedimiento de formación de los profesionales tanto de los que en la actualidad se están formando y los que se formarán, se llevan a cabo prácticas y se promueven servicios con el objetivo de dar soluciones relacionadas con el medio universitario.

ARTÍCULO 7.- APOYO A LA GESTIÓN DEL CURRÍCULO:

7. Organización administrativa del programa

Según el artículo 3 del Acuerdo 041 del 2018, el comité de currículo de cada área disciplinar de la Facultad está integrada por:

- El coordinador académico del área disciplinar del programa.
- Un representante de docentes de planta elegido por los docentes de planta y los ocasionales vinculados al programa.
- Un representante de estudiantes por área disciplinar.
- Un representante de los profesores pertenecientes a los grupos de investigación.
- Un representante de los graduados del área.

El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales se registrará por la normatividad vigente de la Universidad según el Acuerdo 041 del 2018 o la norma que la sustituya.

7.1. Perfil de los profesores, según la estructura curricular definida

En el desarrollo del Programa, el Comité de Currículo del Área Disciplinar de Ingeniería Civil realiza la selección de los docentes que dirigen las asignaturas de acuerdo con su perfil, experiencia y la evaluación que se realiza semestralmente a los docentes. Para esto, el Comité de Currículo debe verificar que la formación y experiencia del docente lo haga idóneo para desempeñarse como docente en la asignatura que tendrá a su cargo. En términos generales, el perfil del docente del programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales es: "profesional con título de Magíster o Doctor en un área afín al contenido de la asignatura para la cual se requiere, con experiencia profesional y de docencia universitaria".

Mediante el Acuerdo 021 del 12 de marzo de 1993, Estatuto del Profesor Universitario de la UPTC, se adopta la carrera docente y establece el régimen que regula los siguientes aspectos: vinculación, sistemas de evaluación, promoción, categorías, derechos y deberes, distinciones e incentivos, retiro, régimen disciplinario y demás situaciones administrativas



del profesor universitario que ejerce sus funciones en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Según la normatividad vigente aplicable a los programas de formación posgraduada de la Institución (Acuerdo 025 de 2012), para ser profesor de un programa de posgrado se requiere, como mínimo acreditar título en nivel de posgrado al que se vincula. Adicionalmente, en concordancia con los requisitos previstos en la normatividad vigente, los profesores serán seleccionados por el comité de currículo del programa en función de los méritos académicos y la evaluación del desempeño, con prelación de los docentes de la Universidad que laboran en el área del saber respectivo.

Tabla 18. Perfil de profesores del programa

Curso/ Seminario	Perfil del profesor que se requiere
Seminario I	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Estructura y propiedades de los Materiales	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Matemática avanzada y Simulación	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario II	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Caracterización y comportamiento de los materiales	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Electiva I	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario III	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Electiva II	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Electiva III	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario IV	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario de Investigación: Presentación de propuesta de Tesis	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario V	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura



Curso/ Seminario	Perfil del profesor que se requiere
Seminario VI	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Seminario VII	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura
Consolidación y presentación de la tesis	Docente con título de doctorado en las áreas de los propósitos del programa, con experiencia de docente superior a un año y con experiencia investigativa en el área de la asignatura

Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

7.2. Recursos físicos y de apoyo a la docencia que requiere el programa.

El inmueble general de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede central, comprende un globo de terreno y las construcciones en él levantadas, ubicado sobre una planicie enmarcada por la Carretera Central del Norte y la vía Tunja - Bucaramanga, con una cabida aproximada de diecisiete hectáreas.

Dentro del conjunto total de edificaciones se distingue el Edificio Central, el cual ha dado la imagen Institucional a este claustro universitario. Es un edificio de estilo clásico, con elementos de Arquitectura Republicana, construido aproximadamente hace sesenta años. A lo largo de este tiempo se han ejecutado modificaciones y adecuaciones para la acomodación de los espacios administrativos y logísticos de la mayoría de las Facultades y Escuelas. Algunas áreas, que en principio fueron aulas de clase, se adecuaron con el fin de conformar: salas de conferencias, salas de informática, oficinas, cubículos para profesores y laboratorios. Adicionalmente, en la sede central existen otros edificios que disponen de salones de clase como los de Derecho, Matemáticas, FESAD, Rafael Azula, Física.

Tabla 19. Recursos y Medios Educativos de apoyo a la docencia

Ambientes de aprendizaje (Físicos y virtuales), herramientas tecnológicas y ambientes de apoyo del programa	
Tipo	Descripción
Ambientes de Aprendizaje	El programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales, cuenta con la disponibilidad de aula de la escuela de ingeniería, la cual es una infraestructura adecuada y cuenta la conectividad necesaria para el desarrollo de las clases de doctorado.
Herramientas Tecnológicas	La interacción entre docentes y estudiantes ocurre, principalmente, en los momentos de trabajo directo y tutoría y acompañamiento
Ambientes de apoyo	El programa contempla en la asignatura Estabilidad de Taludes el uso de software especializado con los programas DIPS y SLIDE. Así mismo, la asignatura Modelación Geotécnica maneja software de modelación numérica, con los programas PLAXIS y MATHLAB, y en la asignatura Fundaciones Avanzadas se utiliza el programa GEO5, como herramientas de apoyo a la formación y al logro de los Resultados de Aprendizaje.



Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

7.2.1. Bases de Datos y Recursos Bibliográficos

Todo estudiante de la Universidad Pedagógica y Tecnológica cuenta con un correo institucional y con la clave de este correo puede acceder desde cualquier lugar, a través de la biblioteca virtual a bases de datos de consulta; por lo cual los estudiantes del Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los materiales, pueden acceder a las siguientes bases de datos:

Tabla 20. Bases de datos del Programa.

Áreas de Conocimiento	Bases de Datos	Descripción
Ciencias Agropecuarias, Ciencias de la Educación, Ciencias de la Salud, Ciencias Económicas y Administrativas, Derecho y Ciencias Políticas, Humanidades y Ciencias Sociales, Ingeniería y Tecnología, Multidisciplinarias Ingeniería y Tecnología	Academic Search Premier (Ebsco)	Contiene índice y resúmenes de más de 8.400 publicaciones, de las cuales, 4.600 se encuentran en texto completo. Cuenta con archivos históricos en PDF, desde 1975 o anteriores, de más de 100 publicaciones y referencias citadas, con posibilidad de búsqueda para más de 1.000 títulos.
	Access Engineering Ambientalex Info	Es una plataforma para la enseñanza de ingeniería y áreas interdisciplinarias relacionadas, ofrece contenido bibliográfico práctico y teórico en diferentes formatos, y particularmente contiene una robusta colección de libros, del mismo modo integra herramientas analíticas de enseñanza y aprendizaje en sus recursos.
Multidisciplinar	Web of Science	Es el portal de información Científica más importante y con más influencia del mundo. La Colección principal de Web of Science (antes ISI) contempla los 12.500 Journals de más alto impacto, sin embargo, dentro del portal podemos encontrar Conference Proceedings, Libros y Patentes segmentadas sobre índices especializados. El objetivo de Web of Science es incrementar las publicaciones científicas de alto impacto y fortalecer los procesos de investigación y publicación.
Multidisciplinar	Science Direct	Base líder de Elsevier. Combina publicaciones científicas, técnicas multidisciplinaria y de salud en texto completo, con más de 26,000 títulos de libros y más de 2,500 títulos de revistas. Numerosos enlaces cruzados incluidos en las publicaciones de ScienceDirect, libros y revistas científicas, a través de temas y disciplinas, ya sea para una visión amplia de un tema o un análisis profundo más específico, trabajan juntos para impartir conocimientos, fomentar la comprensión e iluminar nuevos caminos para el descubrimiento. También ofrece artículos de revistas y capítulos de libros de más de 2.500 revistas revisadas por pares y más de 11.000 libros. Incluye la colección completa de (CLINICAS DE



Áreas de Conocimiento	Bases de Datos	Descripción
	Scopus	NORTEAMERICA y COLECCION MULTIDISCIPLINARA (LEGACY) Es la base de datos más grande de resúmenes y citas de literatura revisado por pares, con herramientas de bibliometría para poder rastrear, analizar y visualizar investigaciones. Contiene más de 22.000 títulos de más de 5,000 editoriales de todo el mundo en los campos de la ciencia, tecnología, medicina, ciencias sociales y artes y humanidades. Scopus tiene más de 55 millones de registros que datan de 1823, el 84% de éstos contienen referencias que datan de 1996.

Fuente: Bases datos UPTC.

Tabla 21. Recursos Bibliográficos del Programa.

Áreas de Conocimiento	Nº Ejemplares
Caracterización y comportamiento de materiales	375
Degradación, caracterización e integridad de materiales	123
Estructura y propiedades de los materiales	788
Formulación de propuesta de investigación t estrategias de difusión	46
Matemática avanzada y simulación	135
Métodos de Investigación científica	875
Métodos estadísticos y análisis experimental en la investigación	1420
Tecnología y procesos de fabricación y manufactura	662
Tópicos especiales en nuevos materiales	19
Total Títulos y Ejemplares	3163

Fuente: Listado de material bibliográfico disponible-UPTC, 2022.

7.2.2. Infraestructura física y Tecnológica

El programa de Doctorado en ingeniería y ciencia de los materiales ofrece en el campus de la sede central de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y, por tanto, tiene a su disposición todos los espacios de bibliotecas y servicios de bienestar con los que cuenta.

La Facultad de Ingeniería tiene un amplio espacio asignado para el funcionamiento de los diferentes programas de pregrado y posgrado que ofrece: instalaciones para aulas de clase, laboratorios especializados para las diferentes disciplinas, salas de informática, auditorios, oficinas, etc., hacen parte de su inventario.

Para el desarrollo del Doctorado en ingeniería y ciencia de los materiales, se dispone de una planta física ubicada en la UPTC sede central, con capacidad adecuada para el funcionamiento del Programa, se puede detallar en la siguiente tabla:

Tabla 22. Características de infraestructura física del programa.

Uso de Espacios	Nº de Espacios	Tenencia	Area de MT2 por Uso
-----------------	----------------	----------	---------------------



	1		70.10
Aulas de clase	1		40.48
	1		40.48
	1	Propia UPTC	42.24
Aulas de clase Edificio Posgrados	1		40.48
Auditorio Edificio de Aulas	1		156.60
Oficinas- Posgrados Ingeniería	1		55.60

Fuente: Dirección de planeación UPTC

Infraestructura Tecnológica

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia cuenta con certificación en ISO 27001 del 2013 Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, lo que representa que la Institución garantiza la confidencialidad, disponibilidad e integridad de la información, es decir, que se establecieron controles y buenas prácticas para proteger la información que tiene carácter confidencial y que no sea divulgada sin la debida autorización, además para que los datos no sean modificados o alterados y que la información esté disponible cuando se requiera.

TÜV Rheinland Colombia, otorgó la certificación en ISO 20000-1, al Sistema de Gestión de Servicios, implementado para el área de informática y comunicaciones, preocupada por establecer mecanismos de calidad en la prestación de servicios TI a la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

Las certificaciones fueron otorgadas por un término de tres años, tiempo al final del cual, la Institución recibirá auditoría para verificar que las medidas de seguridad y los servicios de TI, se mantengan, hayan mejorado y respondan a las necesidades del momento que exija el contexto organizacional, pero anualmente recibirá visitas de seguimiento. Este tipo de certificaciones han ido tomando cada día mayor importancia en el mundo, debido a que su implementación facilita a las organizaciones cumplir con las regularidades, proteger y mejorar su reputación.

TÜV Rheinland, es un organismo de certificación e inspección de origen alemán con sede en Colombia que garantiza el cumplimiento de las normas de inspección aplicables a productos, procesos y servicios.

La Universidad muestra su interés en los Recursos Informáticos en su Plan estratégico de desarrollo 2019 – 2030 y en el plan de Desarrollo Institucionales 2019 – 2022, en el Proyecto Medios Educativos dice: “Desarrollo de una política que tienda a mejorar los medios educativos, como apoyo a las actividades de docencia, investigación y extensión, la Universidad debe incrementar la dotación de aulas inteligentes y mejorar las condiciones físicas y tecnológicas actuales”. Lo anterior muestra el interés en la existencia de criterios y políticas institucionales en materia de adquisición y actualización de recursos informáticos y de comunicación.



Tabla 23. Recursos Tecnológicos del programa.

Recurso Tecnológico	Descripción	Cantidad
Plataforma Moodle	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, en español: Entorno de Aprendizaje Dinámico Modular, Orientado a Objetos. Es un sistema diseñado para la creación y administración de cursos virtuales.	1
Plataforma Zoom	Para las sesiones virtuales sincrónicas el programa de Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales se dispone de licencias para el uso de la plataforma Zoom; que incluye funciones de voz, video, uso compartido de pantalla y grabación de reuniones, entre otras	1

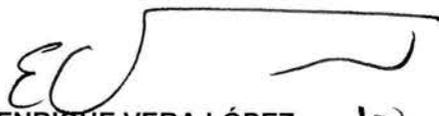
Fuente: Elaboración propia, comité de currículo del área disciplinar de Ingeniería Metalúrgica, 2023

ARTÍCULO 8.- La actualización o modificación del Proyecto Académico Educativo - PAE se dará como resultado de los procesos de autoevaluación, evaluaciones externas o políticas institucionales y nacionales, lo cual deberá ser presentado por el Comité Curricular, recomendado por el Consejo de Facultad y aprobado por el Consejo Académico.

ARTÍCULO 9.- La presente Resolución rige a partir de su publicación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Tunja, a los treinta (30) días del mes de noviembre de dos mil veintitrés (2023).


ENRIQUE VERA LÓPEZ
Presidente Consejo Académico


JUAN SEBASTIÁN GONZÁLEZ SANABRIA
Secretario Consejo Académico

Proyectó: Equipo de trabajo del programa
Revisó: Departamento de Posgrados



