

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Proyecto Educativo del Programa

Ingeniería de Control
Área Curricular de Ingeniería
Eléctrica e Ingeniería de
Control

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS E IDENTIDAD DEL PROGRAMA | 5 |
| 2.1 <i>Reseña Histórica del Programa</i> | 5 |
| 2.2 <i>Identidad del Programa</i> | 7 |
| 3. RELACIÓN Y PERTINENCIA DEL PROGRAMA CON EL PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL | 8 |
| 3.1 <i>Misión, Visión y Fines de la Universidad Nacional de Colombia</i> | 8 |
| 3.2 <i>Objetivos del programa curricular de Ingeniería de Control</i> | 10 |
| 3.3 <i>Perfil del Aspirante</i> | 11 |
| 3.4 <i>Perfil del Egresado</i> | 12 |
| 4. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA | 14 |
| 4.1 <i>Potencial del Programa</i> | 14 |
| 4.2 <i>Pertinencia del Programa</i> | 15 |
| 4.3 <i>Prospectiva del Programa</i> | 16 |
| 5. ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DEL ENTORNO | 23 |
| 6. ESTRATEGIA Y DISEÑO CURRICULAR | 25 |
| 6.1 <i>Lineamientos Básicos para la Formación de Estudiantes de Pregrado</i> | 25 |
| 6.2 <i>Plan de Estudios</i> | 27 |
| 6.3 <i>Interdisciplinariedad del Plan de Estudios</i> | 30 |
| 6.4 <i>Desarrollo Curricular</i> | 30 |
| 6.4.1 <i>Metodologías de Enseñanza y Aprendizaje</i> | 30 |
| 6.4.2 <i>Sistema de Evaluación de Estudiantes</i> | 32 |
| 6.4.3 <i>Evaluación y Autorregulación del Programa para la Actualización Constante del Plan de Estudios</i> | 33 |
| 7. ARTICULACIÓN CON EL MEDIO | 34 |
| 7.1 <i>Movilidad Académica</i> | 34 |

| | |
|--|----|
| 7.2 Compromiso con la Investigación..... | 35 |
| 7.3 Prácticas y Pasantías. | 38 |
| 8. ARTICULACIÓN CON LOS EGRESADOS..... | 40 |
| 9. APOYO A LA GESTIÓN DEL CURRÍCULO..... | 41 |
| 9.1 Recurso Administrativo: Organización..... | 41 |
| 9.2 Dirección del Programa..... | 42 |
| 9.3 Recurso Docente..... | 43 |
| 9.4.1 Infraestructura..... | 44 |
| 9.5 Recursos informáticos y de comunicación..... | 46 |
| 9.6 Sistemas de Información..... | 47 |
| 9.7 Recursos bibliográficos..... | 47 |
| 9.7.1 Sistema Nacional de Bibliotecas SINAB..... | 48 |
| 9.8 Laboratorios..... | 49 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 52 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 53 |

1. INTRODUCCIÓN

En los procesos conducentes al reconocimiento de la calidad de los programas de pregrado, se ha expresado que cada programa debe consolidar en un documento el Proyecto Educativo del Programa (PEP). Dicho documento es un resumen de los aspectos más importantes que identifican el programa, como: la misión, la visión y los objetivos de formación de la institución, los objetivos del programa, el perfil de los aspirantes y de los egresados, la prospectiva del programa y su articulación con el medio, los aspectos académicos del programa, los principales recursos con los cuales cuenta, la relación del mismo con los egresados, entre otros aspectos.

En este sentido, se propone este primer ejercicio para la construcción del PEP para el programa de Ingeniería de Control, basado en los informes de autoevaluación y acreditación, en las normas de creación y reformas del programa, en la reglamentación de la Universidad, en las discusiones al interior del Comité Asesor, en las sugerencias de profesores, estudiantes y del personal administrativo de apoyo, y en las ideas retomadas de otras fuentes bibliográficas.

Por lo tanto este documento es sólo una base, con un carácter dinámico y abierto al mejoramiento continuo, sobre la cual se espera seguir construyendo y enriqueciendo con nuevos aportes y elementos de juicio.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS E IDENTIDAD DEL PROGRAMA

2.1 Reseña Histórica del Programa

El control automático siempre ha sido un sueño del hombre. Desde la antigüedad se fabricaron artefactos que permitieron la manipulación de las fuerzas de la naturaleza de manera programada. Ejemplos de ello se encuentran en los reguladores de nivel de líquido de Herón de Alejandría, el reloj de agua de Ktesibios, los reguladores de presión de Denis Papin y el regulador centrífugo de James Watt, entre otros. Estos sistemas han evolucionado hasta llegar a los modernos sistemas de control automático que hacen la vida del hombre más segura, confortable y con un menor impacto sobre el medio ambiente.

A la par con estos desarrollos se ha ido generando la ciencia del Control Automático, con base en la rigurosidad de las matemáticas y en la utilización de modelos de los sistemas físicos. Muchas personas han contribuido en la creación de este edificio, como Pierre Simon Laplace, Aleksandr Lyapunov, Lev Pontryagin, Rudolf Kalman, por mencionar sólo algunos. La unión de la técnica del control con la matemática ha hecho de la Ingeniería de Control una disciplina profesional y una ciencia.

Particularmente, el programa de Ingeniería de Control de la Facultad de Minas fue creado mediante el Acuerdo 023 de 1997 del Consejo Académico, para formar profesionales capaces de diseñar la automatización y el control automático de sistemas complejos, y así dar respuesta a los requerimientos del país en su afán por modernizar la infraestructura industrial.

Campos como el control de procesos, el control de sistemas electromecánicos, la supervisión y el ajuste de controladores y la automatización de procesos, entre otros, son propicios para aplicar teorías

y técnicas de control y automatización. El trabajo teórico y las aplicaciones en estos campos son muy diversos, y van desde la investigación básica y la investigación aplicada hasta la industria, el comercio y los sistemas sociales. Como consecuencia de ello, la Ingeniería de Control es un área científica y tecnológica imprescindible en el mundo actual.

El programa de Ingeniería de Control participa en el desarrollo del país y del área, mediante la formación de profesionales capaces de dirigir el cambio tecnológico en los sistemas de producción continuos, en las industrias de procesos químicos, de alimentos y del cemento; en las plantas generadoras de energía eléctrica; en las plantas de producción y refinación de petróleo y de manejo de gas, entre otras. Este listado no es exhaustivo, ya que la ciencia del control se aplica también a los sistemas económicos y sociales, y por lo tanto el espectro de aplicación es bastante amplio. Además, la contribución del Ingeniero(a) de Control también se puede dar en el ámbito científico, mediante la publicación de resultados netamente teóricos.

La primera cohorte de estudiantes de Ingeniería de Control inició en el segundo semestre de 1998, bajo el acuerdo 023 de 1997 del Consejo Académico. Posteriormente, en el 2007, se llevó a cabo una reforma en los programas curriculares de la Universidad Nacional de Colombia, y por lo tanto el programa inició en el primer semestre del 2009 basado en el Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, por el cual se definen y reglamentan los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes a través de los programas curriculares que ofrece la Universidad. Con esta reforma se logró darle una mayor flexibilidad a los planes de estudio de los programas, mediante el establecimiento de las asignaturas optativas dentro de los Componentes de Fundamentación y Formación Disciplinar o Profesional y se dejó a disposición de los estudiantes la selección de asignaturas para el componente de libre elección.

Desde el 2009 el programa de Ingeniería de Control se adaptó a dicho acuerdo, mediante el Acuerdo 050 de 2008 del Consejo Académico, con el fin de actualizarse y modernizarse sin perder de vista la flexibilidad, la coherencia con las políticas de formación integral y con el proyecto institucional.

2.2 Identidad del Programa

La Tabla 1 muestra una ficha que describe el programa.

| Nombre del Programa | Ingeniería de Control | | |
|--|--|-----------------|---|
| Nivel de Formación | Pregrado | | |
| Título que Otorga | Ingeniero(a) de Control | | |
| Acuerdo de Creación y/o Apertura | 023 de 1997 del Consejo Académico | | |
| Fecha de Creación y/o Apertura | 1997 | | |
| Código SNIES | 16922 | | |
| Código SIA | 3517 | | |
| Créditos Plan de Estudios | 177 | | |
| Metodología | Presencial | | |
| Jornada | Diurna | | |
| Área Curricular | Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Control | | |
| Facultad | Minas | | |
| Sede | Medellín | | |
| Fecha y Número de la Primera Promoción | 2003 (1 egresada) | | |
| Resolución de Acreditación | Resolución 7461, del 16 de octubre de 2009, del Ministerio de Educación Nacional | | |
| Tiempo de Acreditación | 6 años | Acreditación | X |
| | | Re acreditación | |

Tabla 1. Identidad del programa

3. RELACIÓN Y PERTINENCIA DEL PROGRAMA CON EL PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL

3.1 Misión, Visión y Fines de la Universidad Nacional de Colombia

Misión.

Como Universidad de la nación fomenta el acceso con equidad al sistema educativo colombiano, provee la mayor oferta de programas académicos, forma profesionales competentes y socialmente responsables. Contribuye a la elaboración y resignificación del proyecto de nación, estudia y enriquece el patrimonio cultural, natural y ambiental del país. Como tal lo asesora en los órdenes científico, tecnológico, cultural y artístico con autonomía académica e investigativa.

Visión.

La Universidad Nacional de Colombia Nacional al año 2017 habrá de constituirse en una de las más importantes de América Latina y el Caribe, con programas de altísima calidad, influyendo en el desarrollo del Sistema de Educación Pública del país, con una gestión ágil y transparente que preste servicios en línea con soporte electrónico. Con un énfasis especial en el desarrollo de la investigación desde múltiples formas organizativas. Producirá los líderes que la nación necesita para su desarrollo y proyección al mundo globalizado. Será una academia que participe activa y críticamente sobre el desarrollo y la identidad nacional.

Acuerdo 11 de 2005 del Consejo Superior Universitario

ARTÍCULO 3o. La Universidad Nacional de Colombia tiene como fines:

1. Contribuir a la unidad nacional y a su vinculación con el ámbito internacional, en su condición de centro universitario abierto a todas las creencias, corrientes de pensamiento y a todos los sectores sociales, étnicos, culturales, regionales y locales.
2. Crear y asimilar críticamente el conocimiento en los campos avanzados de las ciencias, la técnica, la tecnología, el arte y la filosofía.
3. Formar profesionales e investigadores sobre una base científica, ética y humanística, dotándolos de una conciencia crítica, que les permita actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo contemporáneo y liderar creativamente procesos de cambio.
4. Formar ciudadanos libres y promover valores democráticos, de tolerancia y de compromiso con los deberes civiles y los derechos humanos.
5. Estudiar y enriquecer el patrimonio cultural, natural y ambiental de la nación y contribuir a su conservación.
6. Propender por la existencia de un ambiente propicio para el desarrollo personal de sus integrantes y de sus grupos de investigación; de los procesos individuales y colectivos de formación, por la calidad de la educación, y por el avance de las ciencias y las artes y de su vinculación a la cultura.
7. Promover el desarrollo de su comunidad académica, de la comunidad académica nacional y fomentar su articulación internacional.

8. Estudiar y analizar los problemas nacionales y proponer, con independencia, formulaciones y soluciones pertinentes.
9. Prestar apoyo y asesoría al Estado en los órdenes científico, tecnológico, técnico, cultural y artístico, con autonomía académica e investigativa.
10. Hacer partícipes de los beneficios de su actividad académica e investigativa a los sectores sociales que conforman la nación colombiana.
11. Contribuir mediante la cooperación con otras universidades e instituciones a la promoción, al fomento, al mejoramiento de la calidad y acceso a la educación superior.
12. Estimular la integración y la participación de los miembros de la comunidad universitaria con el objetivo de lograr los fines de la educación superior.
13. Participar en empresas, corporaciones mixtas u otras formas organizativas, para dar cumplimiento a los objetivos y funciones de la Universidad.

3.2 Objetivos del programa curricular de Ingeniería de Control

En concordancia con los propósitos de formación de la Universidad plasmados en la misión, visión y finalidad, se define la naturaleza académica, pedagógica y profesional del programa de Ingeniería de Control, garantizando el cumplimiento de los lineamientos trazados por la Institución. En el marco del Proyecto Educativo Institucional y la realidad social, el programa de Ingeniería de Control forma profesionales sobre una base científica, ética y humanística, transmitiéndoles una conciencia crítica, que les permita actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo actual y liderar creativamente procesos de cambio.

Por tal motivo, a través del Acuerdo 050 del 2008 del Consejo Académico, se establecieron como objetivos de formación del programa curricular los siguientes:

1. Proveer una base homogénea para poder emprender el estudio de la ciencia y la tecnología del control sobre unas bases científicas.
2. Crear un programa permanente de formación académica y profesional de nivel superior para preparar a los ingenieros que laboran en la industria, en los campos del control, el modelamiento de los sistemas de Ingeniería y la automatización.
3. Promover el hábito de búsqueda de soluciones de manera compartida entre la Universidad y la Industria. Con este propósito se elaboraran programas de extensión universitaria y de asesoría a la industria.
4. Contribuir a la creación y desarrollo de nuevas tendencias en el área de control de sistemas de ingeniería a través del trabajo docente, investigativo y de extensión en el sector.
5. Propiciar un espacio de discusión y análisis de las políticas de modernización del aparato productivo del país

3.3 Perfil del Aspirante

Para estudiar Ingeniería de Control, se necesita ser una persona con vocación para el estudio de la ingeniería, el trabajo en equipo, el trabajo constante y con actitud creativa. El (la) aspirante debe poseer, entre otras, las siguientes cualidades: ética, moral, liderazgo, ingenio, capacidad de raciocinio, adaptación al cambio, facilidad para asimilar nuevos idiomas, creatividad y recursividad. Además, es necesario que el (la) aspirante posea aptitudes para la abstracción, el análisis, la comprensión y la síntesis de problemas transdisciplinarios y complejos. Finalmente, es necesario tener

habilidades para trabajar con modelos matemáticos, y para la actividad experimental y una buena expresión oral y escrita.

3.4 Perfil del Egresado

El Ingeniero(a) de Control de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, es un profesional formado bajo el lema de la Facultad de Minas: “*Trabajo y Rectitud*”, con sólida formación científica, con conocimientos en las siguientes áreas:

- Modelamiento e identificación de Sistemas Dinámicos.
- Control y Automatización Industrial.
- Instrumentación y Telecomunicaciones.
- Proyectos de Ingeniería de Control.
- Redes Teleinformáticas.

los cuales le permiten:

- Proyectar, diseñar, construir, programar, ensamblar y operar controles y sistemas automatizados en la industria, con procesos continuos y discretos.
- Innovar en tecnologías existentes, participando en la transferencia de tecnologías emergentes y actuando como agente en la apropiación de las mismas.
- Trabajar en equipos multidisciplinarios o de forma individual, proponiendo soluciones cuyo diseño haga uso óptimo de tecnologías desde el punto de vista de operatividad y de recursos económicos.
- Diagnosticar fallas, proponer y ejecutar planes de mantenimiento preventivo y predictivo a los diferentes sistemas de procesos automatizados.
- Interpretar y aplicar las normas de calidad, y las especificaciones industriales, en compromiso con la conservación del medio ambiente.
- Promover y realizar investigación tecnológica en el nivel de su competencia con el fin de corregir y mejorar los procesos productivos.



Proyecto Educativo del Programa – Ingeniería de Control

- Aplicar sus conocimientos, competencias, habilidades y destrezas en el control de procesos industriales que incluyan, principalmente, sistemas eléctricos, mecánicos, químicos, hidráulicos y neumáticos.
- Desempeñarse en procesos industriales continuos y discretos, control de sistemas, computación en ingeniería, automatización, instrumentación, redes de comunicación, sistemas electrónicos y eléctricos. Así mismo, de supervisar los procesos de producción y de control de calidad de los insumos, productos intermedios y despacho final.
- Dirigir y asesorar proyectos de modernización y actualización de procesos de producción.

4. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

4.1 Potencial del Programa

Es deber de la Universidad Nacional de Colombia la conformación de redes sociales y académicas, que permitan estrechar los vínculos entre la Universidad y el sector estatal, los sectores populares, las organizaciones sociales, los gremios y el sector productivo, entre otros.

En este sentido, el desarrollo de programas académicos que den respuesta a las necesidades locales y nacionales, contribuyen a que la Universidad cumpla con su fin de formar profesionales que jueguen un papel preponderante dentro del proceso de desarrollo del país. Para esto, la Facultad de Minas visiona un país con mayor capacidad tecnológica reflejada en la solución de las problemáticas sociales y que a su vez generen una sociedad más próspera y con mejor convivencia.

Esta construcción de la sociedad a la que se quiere llegar, se sustenta en la formación de profesionales líderes, con capacidad de enfrentar los nuevos retos que exige la sociedad contemporánea y en el fortalecimiento del aporte de la ingeniería a la generación de riqueza mediante la innovación y el desarrollo tecnológico.

En este marco, la Ingeniería de Control contribuye como una profesión que estudia los principios físicos aplicados para analizar, diseñar, realizar, operar y optimizar los sistemas de control y el manejo de los procesos que se desarrollan en entornos industriales.

El ingeniero de control deberá tener la capacidad de interactuar con otros ingenieros de ramas específicas a cada proceso, siempre con la visión del proceso como un sistema dinámico que responde a un modelo general del tipo potencial o fuerza impulsora, restricciones e interacciones con el entorno y flujo de materia, energía e información. Es precisamente la visión dinámica de los sistemas la que marca la diferencia frente a la visión

estática (estado estable) propia del estudio de los sistemas que hacen las otras ingenierías. Esta diferenciación se hace más evidente cuando se trata de definir el objeto de aplicación de la Ingeniería de Control y de inmediato aparece el diseño, el análisis y la evaluación de los sistemas de instrumentación, automatización y control, como dicho objeto.

La diferencia con las otras ingenierías es que se aborda el diseño de equipos o procesos, sobre éstos el ingeniero de control aplica sus conocimientos, pero siempre desde la visión de su comportamiento dinámico.

4.2 Pertinencia del Programa

Actualmente Colombia está inmersa en la globalización económica. La industria colombiana tiene la obligación de competir con empresas extranjeras que manejan tecnologías de punta, lo cual les permite mejorar la calidad de sus productos y reducir los costos de su producción. El país se debe preparar para evolucionar hacia un mercado más competitivo mejorando e innovando los procesos productivos y la tecnología que le permitan a la industria mantenerse activa en un mundo cambiante.

Como un aporte a la solución de esta problemática se creó el programa de Ingeniería de Control, cuyos profesionales tienen un perfil que les permite dar respuestas a los retos que tiene la industria actualmente, en particular en campos como:

- El control y la automatización de procesos.
- El análisis de sistemas de ingeniería.
- El conocimiento y manejo de sistemas de instrumentación y medición.

El mercado laboral del ingeniero de control en la región de Antioquia y en el país en general es potencialmente creciente, porque el nivel de automatización aún es incipiente, conservándose en muchos casos sistemas de producción convencionales; sin embargo, la política económica actual del país y las tendencias mundiales estiman que existirá un mercado de consideración y con tendencia a crecer durante los próximos años.

El programa que se ofrece trata de suplir esa necesidad, brindándole al país el profesional que dirigirá el cambio tecnológico en los sistemas de producción continuos (industrias químicas, de alimentos, del cemento; plantas generadoras de energía eléctrica, de producción y refinación de petróleo y de manejo del gas, entre otras), como en los sistemas de producción discretos (soldadura, fundición, inyección, ente otros).

En síntesis, el panorama que se muestra en la actividad productiva del país frente al contexto de la globalización que enmarca aspectos comerciales, financieros y tecnológicos, nos induce a propulsar el crecimiento de la industria y de los procesos al añadir valor industrial.

4.3 *Prospectiva del Programa*

La ingeniería de Control permite diseñar sistemas que mantengan un comportamiento adecuado en la presencia de perturbaciones. Adicionalmente, y unido a la automatización y la instrumentación, permite monitorear los sistemas y actuar sobre ellos de manera precisa, programada y segura. Los campos de aplicación del control van desde las Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Química hasta la Matemática, la Física, la Biología, la Economía y las Ciencias Humanas. Concretamente, la Ingeniería de Control ha tenido éxitos en varias aplicaciones industriales como (Murray, 2001):

- El control de dispositivos electromecánicos y de sistemas de manufactura, para lograr precisión y mejorar la calidad de los productos.
- El control de procesos, para mantener altas calidades de los productos, especialmente en industrias petroquímicas y procesos industriales.
- El control de vehículos espaciales y aeronaves, para lograr un correcto seguimiento de trayectorias y rechazo a perturbaciones ambientales.

Y viene incursionando exitosamente en otras como:

- El control de sistemas distribuidos, asíncronos y en red, mediante el uso extensivo de las capacidades de comunicación de información. Un ejemplo de ello es el uso masivo de sensores inalámbricos, con capacidad de transmitir señales en tiempo real.
- Los sistemas con alto nivel de autonomía y coordinación, cuya complejidad no está dada por el diseñador, sino por las consideraciones económicas y la escala natural del mismo. Entre estos sistemas se encuentran los sistemas de tráfico aéreo y los sistemas de potencia eléctrica.
- La síntesis de leyes de control automático con validación y verificación integradas. En estas aplicaciones se busca que el diseño del sistema de control y sus pruebas se realice en el menor tiempo posible y de la manera más simple para el usuario.
- El diseño y la construcción de sistemas confiables con partes poco confiables. En este sentido se busca que los sistemas sigan operando correctamente, aunque fallen algunas partes del mismo. Hasta ahora este tipo de problema se ha abordado mediante la redundancia de componentes susceptibles a fallas, sin embargo esta solución no siempre es la más económica. Por lo tanto, se busca diseñar sistemas que sean capaces de reconfigurarse a sí mismos, aunque se degrade un poco su comportamiento.

Y puede aportar a problemas concretos como (Murray, 2003):

- El control y la automatización de sistemas de transporte aeroespacial, en los cuales se tiene una gran cantidad de reglas empíricas (tipo si - entonces) para prever el comportamiento, lo cual no es completamente aceptable, ya que se necesitan muchas simulaciones para estudiar diferentes condiciones de operación.
- El control de redes de información crecientes, en las cuales se requiere el control de congestión y el enrutamiento. Además en estas redes se deben tomar decisiones rápidas, contando únicamente con información local. Una de los problemas de lo

anterior el que la estabilidad del control de la red se ve muy comprometida por los retardos inherentes, lo cuales a su vez pueden ser variantes en el tiempo. Otras complicaciones adicionales son la permanente reconfiguración de la red debido a fallas y programaciones, la cantidad de tráfico cambiante y el cambio aleatorio en la demanda de la misma.

- El control y la automatización de sistemas robóticos y máquinas inteligentes, en los cuales se requieren mucha autonomía e interacción con los humanos y con los sistemas sociales. En este campo es necesario disponer de sistemas de control que permitan un alto nivel de razonamiento y toma de decisiones de manera rápida y eficaz.
- El modelamiento, control y automatización de sistemas biológicos y médicos, y así mismo poder encontrar por medio de estos sistemas la solución a otros problemas de control industrial. Por ejemplo, se han encontrado ideas para la regulación y transmisión de señales; los mecanismos de realimentación cardiovascular, inmunológico y hormonal; los mecanismos de visión y sensado, entre otros. Otras aplicaciones incluyen cuartos de cirugía inteligentes, cirugía y terapia guiada con imágenes y control de fluidos corporales en aplicaciones médicas (insulina y otros medicamentos).
- El control y la automatización para el procesamiento de materiales en ingeniería. En esta área son necesarios modelos fenomenológicos para comprender mejor las propiedades de los materiales y los cambios a los cuales se someten con cada transformación. Además es necesario prever sistemas de control que permitan reducir el grado de contaminación y desperdicio que se genera en las plantas para la producción de materiales, reduciendo el impacto ecológico.
- Otra área es el sensado en línea de variables importantes, mediante la microscopía por video y las aplicaciones con rayos ultravioleta e infrarojo. Sumado a esto se encuentra el análisis de la observabilidad en estos procesos, para considerar la cantidad de información necesaria para el desarrollo de sensores virtuales.

Con relación al control de procesos, actualmente se manejan algunos términos clave como integración (procesos complejos con alta interacción

e intercambio energético), flexibilidad (facilidad de adaptación a los requerimientos de productos y puntos de operación) y optimización (operación del proceso siguiendo metas de calidad, ahorro energético, mínimo gasto, entre otros). En este sentido, los sistemas de control y automatización pueden contribuir a ello mediante (De Prada, 2004):

- El modelamiento y la simulación.
- El control avanzado no-lineal basado en modelos.
- Los sistemas de medida y elaboración de la información.
- La supervisión, detección de fallos, estimación de estado del proceso.
- La optimización en línea de planta completa.
- La planificación y secuenciamiento en tiempo real.
- El diseño Integrado de procesos.
- El control de sistemas complejos: redes, logística, fabricación distribuida.
- La informática industrial.

En este sentido, desde el punto de vista local (Colombia) se han detectado varias oportunidades para la aplicación de los conocimientos en modelamiento, control, automatización e instrumentación. Estas ideas se han venido recogiendo desde los proyectos que la Universidad ha desarrollado en el sector industrial, y van desde pequeñas modificaciones en la planta, hasta el rediseño del proceso y el diseño del sistema de automatización y control. Entre estas necesidades se resaltan:

- El modelamiento de base fenomenológica de los procesos industriales, el cual permite una mejor comprensión de las potencialidades y limitaciones de los mismos, así como una mirada más cercana a los fenómenos que en ellos ocurren. Con dicha información será posible prever las consecuencias y los efectos de cambios y perturbaciones en el proceso, ya sea debido a los efectos de las materias primas o a las perturbaciones inherentes del mismo. Además, dichos modelos podrían dar luces sobre el grado de controlabilidad u observabilidad que el proceso tendrá, desde las etapas tempranas de diseño del mismo.

- El diseño de sistemas de control con técnicas avanzadas, lo cual permite que muchos procesos dejaran de operar en modo manual, o, en el mejor de los casos, con controladores tipo PI sin un criterio claro de selección y ajuste del mismo. Con base en técnicas modernas de control, como el control predictivo, adaptable o multivariable, sería posible reducir el número de horas en que la planta sale de servicio, la cantidad de energía o material que consume, la carga contaminante que produce, el grado de inseguridad de la misma, y aumentar la calidad de los productos, la confiabilidad, la eficiencia y la operabilidad del proceso.
- El diseño de sistemas de automatización basados en métodos formales como las Redes de Petri o el Grafcet. Con base en estas técnicas se busca no solo dar una solución tecnológica a un problema de automatización, sino también profundizar en el modelamiento del mismo y prever de manera rigurosa y organizada las fallas y los eventos fortuitos que puedan ocurrir. Dichas herramientas ya se encuentran formalizadas y reguladas por normas internacionales y de hecho algunas pueden ser directamente programadas en los PLC modernos.
- La aplicación de la Ingeniería de Control en áreas distintas a los procesos industriales, por ejemplo la economía y las finanzas, ya sea para obtener modelos más acertados o para proponer políticas de control que permitan reducir los riesgos y maximizar los objetivos económicos.

Todo el panorama descrito arriba constituye el reto que el plan de estudios afronta. Para ello se trabaja en el mejoramiento continuo, la actualización y la modernización del currículo, a fin de formar a los estudiantes de cara a las condiciones nacionales, sin perder de vista las tendencias y experiencias mundiales, y de esta forma contribuir al óptimo aprovechamiento y expansión de la infraestructura disponible, con la renovación e implementación de nuevos elementos técnicos, en armonía con una política ambiental que permita un desarrollo sostenible. Para ello se requiere desarrollar en los estudiantes ciertas cualidades como: sensibilidad social, mentalidad transformadora, capacidad de análisis, síntesis y gestión.

Bajo este contexto, el plan de estudios está concebido de tal manera que el profesional no sólo adquiere los conocimientos y metodologías de su área del conocimiento, sino que también desarrolla actitudes y facultades que le permiten interpretar las nuevas realidades de su campo de acción y así estar en capacidad de proponer soluciones factibles y eficaces.

Antes que ingenieros, el programa forma personas íntegras, visionarias, conocedoras de la realidad y comprometidas con el progreso del país; con disciplina y ética, líderes y productivos.

Por tal motivo, la Universidad de acuerdo con el Decreto 1210 de 1993, adelanta programas de extensión para hacer partícipes de los beneficios de su actividad académica e investigativa, a los sectores sociales que conforman la nación y presta apoyo y asesoría al Estado tanto en los órdenes científico y tecnológico.

En concordancia con lo expresado, el Acuerdo 036 de 2009 del Consejo Superior Universitario, reglamenta la Extensión en la Universidad Nacional de Colombia y define la naturaleza, principios, conceptos, políticas y demás disposiciones en materia de extensión; así como el Acuerdo 026 del 2004, por medio del cual se creó la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua que tiene entre otras, la función de estimular el desarrollo de la actividad de extensión mediante el fomento de la formación y consolidación de grupos de trabajo y redes académicas inter-institucionales e intra-institucionales.

Las modalidades de extensión universitaria definidas en el Artículo 5 del Acuerdo 036 de 2009 del Consejo Superior Universitario son:

- ▲ Participación en Proyectos de Innovación y Gestión Tecnológica
- ▲ Servicios Académicos.
- ▲ Educación Continua y Permanente.
- ▲ Servicio Docente Asistencial.
- ▲ Proyectos de Creación Artística.
- ▲ Extensión Solidaria.
- ▲ Prácticas y pasantías universitarias.
- ▲ Proyectos de Cooperación Internacional.

Estas modalidades de extensión, hacen que el programa se proyecte al medio, haciendo divulgación de los productos de las investigaciones desarrolladas, así como de estudios y experiencias en temas de gran relevancia para el país.

5. ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DEL ENTORNO

Puede decirse que la Ingeniería de Control nace como profesión después de la segunda guerra mundial. A nivel internacional se tienen programas de pregrado similares al de la Universidad Nacional en los siguientes países:

| País | Universidad | Programa | Duración (Años) |
|------------|-------------------------------------|---|-----------------|
| Rumania | Asachi Technical University of Iasi | Automatic Control and Applied Informatics | 4 |
| Inglaterra | The University of Sheffield | Automatic Control and Systems Engineering | 4 |
| España | Universidad de Sevilla | Ingeniería en Automática y Electrónica industrial | 4 |
| México | Universidad Autónoma de Queretaro | Ingeniería en Automatización | 4 |
| Cuba | Universidad Central de las Villas | Ingeniería Automática | 5 |
| Colombia | Universidad del Cauca | Ingeniería en Automática Industrial | 5 |
| Colombia | Politecnico Jaime Isaza Cadavid | Ingeniería en Instrumentación y Control | 5 |

Tabla 2. Otras Instituciones que ofrecen programas similares

Realizando un estudio comparativo entre las diferentes áreas del conocimiento en cada uno de los programas, se observa:

- El programa de Asachi Technical University of Iasi, se enfoca en automatización basada en computador, robótica e informática aplicada, y provee soluciones a las industrias del transporte, manufactura, medicina y biología.

- El programa de The University of Sheffield se enfoca en los sistemas de control, los sistemas mecatrónicos y los sistemas robóticos. También tiene áreas de desarrollo en procesamiento de señales.
- El programa de la Universidad Central de las Villas y de la Universidad del Cauca hacen énfasis en electrónica y automatización; mientras que en la Universidad Autónoma de Querétaro y el Politécnico Colombiano se enfatiza en la electrónica y la instrumentación.
- La Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial, de la Universidad de Sevilla, es una titulación de segundo ciclo, que tiene dos años de duración, con un campo de estudio que abarca la tecnología de punta aplicada a la industria. Los temas que se manejan son la robótica, la electroacústica, la electroóptica, la cibernética y los circuitos analógicos y digitales.

En este sentido, el programa de The University of Sheffield es el que más relación tiene con el ofrecido Universidad Nacional de Colombia ya que tiene una componente muy importante en modelamiento y técnicas avanzadas de control. Además, en dicho programa se tienen vínculos con grandes empresas como Rolls - Royce y otras, lo cual le permite tener un impacto muy fuerte en investigación. El programa de ingeniería de Control de la Universidad Nacional viene incursionando en este mismo aspecto con algunas empresas colombianas.

Otros estudios muestran la incursión del control automático en más de 50 departamentos de ingeniería en el mundo (Thomas *et al*, 2006-a; Thomas *et al*, 2006-b). En dichos reportes se muestra cómo se aborda la enseñanza del control mediante el uso del estudio de casos, el seguimiento de proyectos y la apropiación de los conocimientos mediante prácticas de laboratorio y simulación. Finalmente, se muestran nuevas perspectivas para la enseñanza, como la educación a distancia y los textos virtuales.

Otras tendencias muestran que el control automático contribuye en la optimización y la eficiencia de los procesos, a la vez que se mantiene el mejor comportamiento desde el punto de vista económico y ambiental (Nikacevic *et al*, 2012; De Prada, 2004). Con estas mejoras es posible diseñar procesos más modulares y estandarizados, ágiles, y tal que puedan ser operados en regímenes para los cuales se puedan utilizar técnicas robustas.

6. ESTRATEGIA Y DISEÑO CURRICULAR

6.1 Lineamientos Básicos para la Formación de Estudiantes de Pregrado

De acuerdo con lo estipulado en el Decreto 1210 de 1993, es decisión autónoma de la Universidad Nacional de Colombia establecer criterios y normas generales para adecuar sus programas curriculares de pregrado y posgrado a los continuos avances del arte, la ciencia, la filosofía, la tecnología y para garantizar la calidad y la excelencia de la educación avanzada en la Universidad.

Para lo cual, la Universidad rige los procesos de formación a través del Acuerdo 033 de 2007, que establece los lineamientos para la formación de estudiantes en la Universidad Nacional de Colombia y se fundamenta en los principios de excelencia académica, formación integral, contextualización, internacionalización, formación investigativa, interdisciplinariedad y flexibilidad y se adopta el régimen de Créditos Académicos:

1. Excelencia Académica. Mediante la promoción de una cultura académica que estimule el conocimiento científico, la incorporación de nuevas corrientes de pensamiento y tecnologías, la consolidación de las disciplinas y profesiones, y la comunicación interdisciplinaria. Además de introducir nuevas prácticas que estimulen el desarrollo de la capacidad de enseñanza y aprendizaje, crítica e innovación, el trabajo en equipo, las actitudes solidarias, de responsabilidad individual y colectiva, para el bienestar de la comunidad.

2. Formación Integral. Como universidad pública, la institución ha adquirido el compromiso de formar personas capaces de formular propuestas y liderar procesos académicos que contribuyan a la construcción de una

nación democrática e incluyente en la que el conocimiento sea pilar fundamental de la convivencia y la equidad social.

“La Universidad formará una comunidad académica con dominio de pensamiento sistémico que se expresa en lenguajes universales con una alta capacidad conceptual y experimental. Desarrollará en ella la sensibilidad estética y creativa, la responsabilidad ética, humanística, ambiental y social, y la capacidad de plantear, analizar y resolver problemas complejos, generando autonomía, análisis crítico, capacidad propositiva y creatividad. Los egresados de la Universidad Nacional de Colombia estarán preparados para trabajar en equipos disciplinarios e interdisciplinarios integrados en una vasta red de comunicación local e internacional, emplear de manera transversal las herramientas y conocimientos adquiridos en un área del saber, adecuándolos y aplicándolos legítimamente en otras áreas”¹.

3 Contextualización. Este principio busca integrar los procesos de formación con los entornos cultural, social, ambiental, económico, político, histórico, técnico y científico, mediante la articulación de los procesos de formación, investigación y extensión, la historia de la producción, la creación y la aplicación del conocimiento.

4. Internacionalización. Este principio promueve la incorporación y reconocimiento de los docentes, los estudiantes, la institución y sus programas académicos con los movimientos científicos, tecnológicos, artísticos y culturales que se producen en el ámbito nacional e internacional, al tiempo que valora los saberes locales como factores de nuestra diversidad cultural que deben aportar a la construcción del saber universal.

5. Formación Investigativa. La investigación es fundamento de la producción del conocimiento, desarrolla procesos de aprendizaje y fortalece la interacción de la Universidad con la sociedad y el entorno. La investigación debe contribuir a la formación del talento humano, la creación artística y el desarrollo tecnológico para la solución de los problemas locales, regionales e internacionales, solo de esta manera es

¹ Artículo 1, Acuerdo 033 de 2007 del CSU.

posible disminuir la brecha en materia de producción científica, creación en las artes y formación posgraduada en nuestro país. La formación de investigadores es un proceso permanente y continuo que se inicia en el pregrado y se sigue en los diferentes niveles de posgrado.

6. Interdisciplinariedad. La sociedad demanda hoy en día que la Universidad desarrolle sus funciones misionales articulando diferentes perspectivas disciplinarias a partir de la comunicación de ideas, conceptos, metodologías, procedimientos experimentales, exploraciones de campo e inserción en los procesos sociales. La interdisciplinariedad es, al mismo tiempo, una vía de integración de la comunidad universitaria, dado que promueve el trabajo en equipo y las relaciones entre sus diversas dependencias y de éstas con otras instituciones.

7. Flexibilidad. La Universidad adopta el principio de flexibilidad para responder a la permanente condición de transformación académica según las necesidades, condiciones, dinámicas y exigencias del entorno y los valores que se cultivan en su interior. La flexibilidad, que abarca los aspectos académicos, pedagógicos y administrativos debe ser una condición de los procesos universitarios. Gracias a ella, la Universidad tiene la capacidad de acoger la diversidad cultural, social, étnica, económica, de creencias e intereses intelectuales de los miembros que integran la comunidad universitaria para satisfacer un principio de equidad.

8. Gestión para el Mejoramiento Académico. La Universidad fortalecerá una cultura institucional que facilite el mejoramiento de las actividades y los procesos académicos para la toma de decisiones que contribuyan a alcanzar la excelencia académica. Dicho mejoramiento deberá realizarse de manera sistemática, permanente, participativa, integral y multidireccional entre los distintos integrantes de la comunidad académica.

6.2 Plan de Estudios

Un plan de estudios es un conjunto de actividades académicas, organizadas mediante asignaturas reunidas en los componentes de

formación que un estudiante debe cursar para alcanzar los propósitos educativos de un programa curricular, estas se encuentran organizadas mediante créditos obligatorios y créditos optativos.

Los planes de estudio de los programas adscritos a la Universidad Nacional de Colombia están organizados en Componentes de Formación. Estos son un conjunto de asignaturas agrupadas cuyo objetivo de formación es particular para cada programa. Es decir, los planes de estudio están comprendidos en tres componentes de formación que son:

- **Componente de Fundamentación:** Este componente introduce y contextualiza el campo de conocimiento por el que optó el estudiante desde una perspectiva de ciudadanía, humanística, ambiental y cultural. Identifica las relaciones generales que caracterizan los saberes de las distintas disciplinas y profesiones del área, el contexto nacional e internacional de su desarrollo, el contexto institucional y los requisitos indispensables para su formación integral.²
- **Componente de Formación Disciplinar o Profesional:** Este componente suministra al estudiante la gramática básica de su profesión o disciplina, las teorías, métodos y prácticas fundamentales, cuyo ejercicio formativo, investigativo y de extensión le permitirá integrarse con una comunidad profesional o disciplinar determinada. El Trabajo de Grado en cualquier modalidad hará parte de este componente.
- **Componente de Libre Elección:** Este componente permite al estudiante aproximarse, contextualizar y/o profundizar temas de su profesión o disciplina y apropiarse herramientas y conocimientos de distintos saberes tendientes a la diversificación, flexibilidad e interdisciplinariedad. Es objetivo de este componente acercar a los estudiantes a las tareas de investigación, extensión, emprendimiento y toma de conciencia de las implicaciones sociales de la generación

² Según el Artículo 9 del Acuerdo No. 033 de 2007 "Por el cual se establecen los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de sus programas curriculares"

de conocimiento. Las asignaturas que lo integran podrán ser cátedras de facultad o sede, áreas de profundización o asignaturas de éstas, asignaturas de posgrado o de otros programas curriculares de pregrado de la Universidad u otras con las cuales existan los convenios pertinentes.

De acuerdo a los objetivos, el propósito de formación humana, ética y profesional del programa de Ingeniería de Control, el Acuerdo 050 de 2008 del Consejo Académico estipula el número de créditos totales que debe cursar el estudiante de la siguiente manera:

ARTÍCULO 3. El plan de estudios tiene un total de ciento setenta y siete (177) créditos exigidos.

ARTÍCULO 4. Los créditos exigidos se encuentran distribuidos en los siguientes componentes:

| Componente de Formación | Créditos Obligatorios | Créditos Optativos | Total Créditos Componente |
|-------------------------------------|---|--------------------|---------------------------|
| Fundamentación | 50 | 8 | 58 |
| Formación Disciplinar o Profesional | 71 | 12 | 83 |
| Libre Elección | Corresponden al 20% del total de créditos del plan de estudios. | | 36 |
| Total Créditos | 121 | 20 | 177 |

Tabla 3. Descripción Plan de Estudios

Para especificar los créditos, las agrupaciones y las asignaturas del plan de estudios del programa curricular de Ingeniería de Control, la Facultad de Minas de la Sede Medellín de la Universidad Nacional de Colombia, establece el Acuerdo 012 de 2012 del Consejo de la Facultad de Minas, acorde a los lineamientos del Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario. Bajo este Acuerdo se establecen las asignaturas que componen el plan de estudios, distribuidas en los diferentes componentes y agrupaciones.

Para los programas de pregrado de la Universidad la asignatura trabajo de grado se puede desarrollar bajo tres modalidades que son:

- ✓ Trabajo investigativo.
- ✓ Práctica profesional o pasantía.
- ✓ Opción grado: Cursos de posgrado.

Y se exige como requisito de grado el inglés, el cual es la lengua extranjera que se considera fundamental para la formación disciplinar de los estudiantes de la Facultad de Minas de la sede Medellín.

6.3 Interdisciplinariedad del Plan de Estudios

La sociedad demanda que la Universidad desarrolle sus funciones misionales articulando diferentes perspectivas disciplinarias a partir de la comunicación de ideas, conceptos, metodologías, procedimientos experimentales, exploraciones de campo e inserción en los procesos sociales. La interdisciplinariedad es, al mismo tiempo, una vía de integración de la comunidad universitaria, dado que promueve el trabajo en equipo y las relaciones entre sus diversas dependencias y de éstas con otras Instituciones³.

La presencia en la Sede de cinco Facultades (con 26 programas de pregrado), entre ellas la Facultad de Minas, es una expresión concreta de la interdisciplinariedad en la Institución.

6.4 Desarrollo Curricular

6.4.1 Metodologías de Enseñanza y Aprendizaje

El proceso de enseñanza-aprendizaje en la Universidad Nacional de Colombia, está enmarcado en el principio de libertad de cátedra y, aunque no se tienen estadísticas del uso de distintas metodologías enseñanza – aprendizaje, sí es claro que los profesores del programa, dependiendo del tipo de curso, utilizan metodologías diferentes como: aprendizaje basado en solución de problemas, desarrollo de procesos y

³ Acuerdo 033 del 2007, Capítulo 1, Artículo 1, Principio 6.

proyectos de producción, estudio de casos, prácticas de laboratorio y la cátedra magistral.

En este sentido, existe un alto grado de correspondencia entre el desarrollo de los contenidos del plan de estudios y las metodologías de enseñanza impartidas. Para el cumplimiento de los objetivos contemplados, se desarrollan métodos y procedimientos de enseñanza y se crean ambientes cuyo propósito es facilitar y motivar el aprendizaje de los estudiantes, entendiendo éste como un proceso de interiorización individual del conocimiento.

La función del profesor es conducir y dirigir la potencialidad académica y científica de los estudiantes. Para el diseño del plan de estudios del programa de Ingeniería de Control se hizo énfasis en el trabajo individual del estudiante, además de la necesidad de que el estudiante reciba una amplia información en las clases. Se intentó crear un equilibrio entre los trabajos fuera del aula y dentro de la misma; además, se ha buscado introducir al estudiante en la práctica, de modo que pueda aplicar al máximo todos los conocimientos adquiridos.

Para esto, los cursos se clasifican en teóricos, prácticos y teórico-prácticos. Pertenecen a estos dos últimos grupos las asignaturas que incluyen prácticas y/o laboratorios. En los cursos denominados teóricos se combinan diversos métodos: exposiciones del profesor, trabajo en grupo, exposiciones de los estudiantes, mesas redondas, ejercicios de simulación, visita a los laboratorios y prácticas demostrativas, y solución de problemas de ingeniería.

Las metodologías combinan trabajos individuales y de grupo, en el aula y fuera de ésta. En los cursos prácticos y/o de laboratorio se espera que los estudiantes desarrollen habilidades y destrezas propias de la profesión al ponerse en contacto con los fenómenos, elementos, equipos, instrumentos y sistemas en situaciones prácticas de ejecución, instalación, control y/o montaje que lo capacitan para el ejercicio profesional.

Además de la adquisición de habilidades y destrezas, las prácticas de laboratorio posibilitan al estudiante la verificación y comprensión de los

fenómenos físicos y los modelos que los representan fortaleciendo la conceptualización técnica.

6.4.2 Sistema de Evaluación de Estudiantes

Las políticas institucionales en materia de evaluación académica de los estudiantes están consagradas en el Acuerdo 008 de 2008 del CSU - "Por el cual se adopta el Estatuto Estudiantil de la Universidad Nacional de Colombia en sus disposiciones Académicas"; en los Artículos 24 a 34 de dicho estatuto, se trata lo concerniente a la evaluación de los estudiantes.

Cada profesor tiene autonomía para establecer la forma y estructura de la evaluación estudiantil, teniendo en cuenta la duración del calendario académico dado por el Consejo de Sede y las fechas en las que se deben entregar las calificaciones.

La variedad en los modos de evaluar es consistente en gran medida con la combinación de métodos de enseñanza en el aula de clase, lo cual refleja la búsqueda de docentes y estudiantes para aproximarse a diversos modos del conocimiento. La evaluación es personal y colectiva, escrita y oral, en el aula de clase o realizada en casa, laboratorio o taller, se emplean pruebas tipo test y tipo ensayo, mesas redondas, evaluación compartida, autoevaluación y evaluación por proyectos.

El contenido programático consigna los objetivos y contenidos de la asignatura, la bibliografía más representativa, la metodología de trabajo en el curso y la forma de evaluación, detallando el número de trabajos y el tipo de pruebas, el valor en porcentaje de cada una de ellas y el porcentaje de asistencia exigida. Este contenido es una de las herramientas de apoyo para el desarrollo y evaluación de la asignatura.

La Universidad desarrolló e implementó un sistema informático (SIA – Sistema de Información Académica), el cual permite a los profesores realizar el seguimiento de las evaluaciones de las asignaturas y a los estudiantes consultar permanentemente los resultados de las evaluaciones.

6.4.3 Evaluación y Autorregulación del Programa para la Actualización Constante del Plan de Estudios.

En respuesta a la necesidad, de fortalecer la calidad de la educación superior y al propósito de hacer reconocimiento público del logro de altos niveles de calidad, se inscribe dentro de los criterios generales que orientan el quehacer académico, la cultura de la autoevaluación constante en el marco de los objetivos y los fines de la Universidad, ya que esto es fundamental para garantizar la calidad y el mejoramiento continuo de los programas.

Considerando que es necesario analizar, en las diferentes áreas del conocimiento, las opciones nacionales e internacionales para alcanzar la acreditación de alta calidad de los programas académicos, y de esa forma establecer qué es lo más conveniente para cada programa, la Universidad Nacional de Colombia a través del Consejo Superior Universitario decidió ingresar al Sistema Nacional de Acreditación y seguir los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) para acreditar sus programas de pregrado.

En el campo de la autorregulación, el programa hace una constante evaluación del plan de estudios en su conjunto por parte del Comité Asesor de Pregrado, el cual está conformado por miembros del personal académico, estudiantes y egresados del programa y el director del área curricular quien lo preside. Dicho comité asesor trabaja en la incorporación de ajustes particulares al programa, algunos de los cuales han conducido a las reformas del mismo. La evaluación de cada curso, realizada por los estudiantes al final de cada período académico y las reuniones de los docentes del Departamento, han aportado elementos para el mejoramiento de éste. De igual manera se tiene presente en la autoevaluación y autorregulación del currículo el compromiso con la sociedad, la pertinencia, los propósitos y los objetivos del programa con el fin de establecer una reflexión continua que conduzca a la formulación de estrategias, metodologías, acciones y actividades que garanticen la formación de los estudiantes con calidad.

7. ARTICULACIÓN CON EL MEDIO

7.1 Movilidad Académica.

La Universidad, cuenta actualmente con más de 290 convenios internacionales y más de 357 convenios vigentes con universidades e instituciones, con diversas posibilidades de aplicación, que incluyen la realización conjunta de proyectos de investigación, oferta de programas curriculares en cooperación, período o año académico en el exterior, pasantías de investigación, intercambio de profesores visitantes y prácticas académicas o laborales.

7.1.1. Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales (ORI):

La Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales (ORI) es un instrumento de apoyo a toda la comunidad académica, y busca fomentar la cooperación internacional, y en general, el proceso de internacionalización de la Institución.

7.1.2. Sistema Interinstitucional de un Grupo de Universidades Encaminado a la Movilidad Estudiantil (SÍGUEME):

Con el propósito de brindar posibilidades de mayor enriquecimiento académico y de apertura a nuevas experiencias regionales al estudiantado, un grupo de universidades colombianas suscribió, en abril del año 2000 un convenio denominado SÍGUEME. Es un convenio Interinstitucional encaminado a la Movilidad Estudiantil configurada en el Intercambio de estudiantes del pregrado para realizar uno o dos períodos académicos en otra universidad del país.⁴

7.1.3. Apoyo Movilidad Académica – Facultad de Minas

⁴ Página <http://www.unal.edu.co/dirnalpre/sigueme/>.

La Facultad de Minas destina un porcentaje de sus ingresos para apoyar la movilidad académica de profesores y estudiantes con el fin de garantizar el fortalecimiento de las funciones propias de la Universidad y de la Facultad siendo para esta última la investigación, la innovación y la difusión del conocimiento ejes primordiales.

7.2 Compromiso con la Investigación.

En la Universidad se promueve la vocación investigativa de los docentes y estudiantes, impulsando el fortalecimiento de grupos de investigación por medio del apoyo a proyectos conjuntos en las diferentes disciplinas, orientado hacia la formación de una masa crítica de investigadores, creadores de conocimiento, de ciencia, de tecnología, de arte y de cultura a través de acciones estratégicas de cooperación, integración y liderazgo con comunidades académicas a nivel local, regional, nacional o internacional, que mejoren la capacidad de investigación, la calidad e impacto de la producción científica, así como la presencia activa, el reconocimiento y la visibilidad nacional e internacional de la Universidad Nacional de Colombia.

Entre las estrategias que promueven la capacidad de indagación y búsqueda, y la formación de un espíritu investigativo en el estudiante están las líneas de profundización, las prácticas académicas especiales (PAE's), los trabajos dirigidos de grado, las asignaturas de posgrado como opción de grado y la participación de estudiantes en semilleros y grupos de investigación, lo cual suscita:

- La inserción de la investigación en las líneas de profundización y en los trabajos dirigidos del programa curricular de pregrado.
- La participación de los estudiantes en las investigaciones que adelantan los profesores vinculados al programa curricular.
- La participación de los estudiantes del programa y de los profesores vinculados al mismo en las investigaciones que se realizan en otros programas, grupos o institutos de investigación en la Universidad.

- El trabajo de investigación de cada profesor es verificable por medio de la publicación de artículos, dirección de trabajo de grado, programación de cursos y seminarios especializados y presentación de ponencias en eventos nacionales e internacionales. En muchos de estos trabajos se tiene la participación activa de los estudiantes de pregrado.
- Los cursos del área profesional desarrollan la capacidad de análisis y de crítica frente a un problema determinado, buscando argumentar con rigor y claridad, elementos indispensables para la formulación y solución adecuadas del problema.
- A los estudiantes se les asignan tareas que involucran la lectura de artículos con temas de investigación de punta.

Es común que los profesores en sus cursos orienten los trabajos hacia la revisión y el análisis crítico del estado del arte en temas de un área del conocimiento, pero es mucho más acentuado en los trabajos dirigidos de grado donde el estudiante ha alcanzado la “madurez” académica de su profesión. Igualmente ocurre cuando los estudiantes entran a formar parte de una investigación.

Las Prácticas Académicas Especiales (PAE's) son otra alternativa de trabajo individualizado en la cual el estudiante sustituye un curso regular del componente flexible por una propuesta de su interés y que debe desarrollar en un semestre, bajo la dirección de un profesor. Otro escenario lo constituye el desarrollo de los cursos regulares del plan: partiendo de sus propios intereses, el estudiante puede desarrollar una temática que le permita una consulta bibliográfica o un estudio de caso que luego deberá sintetizar en una sustentación verbal y/o escrita.

Las Líneas de Profundización pueden desarrollarse por la interacción de los estudiantes con las tareas investigativas realizadas por los grupos de profesores, o por la vinculación con actividades de aplicación de conocimientos. Se busca que a partir de ellas el estudiante pueda construir su propuesta de trabajo de grado bajo alguna de las modalidades reglamentarias. Ésta es una decisión importante en la vida del estudiante ya que podría ser la base de su ejercicio profesional, en los primeros años,

además ser el soporte de sus futuros proyectos académicos e investigativos.

El nuevo Acuerdo de Reforma Académica, en su componente flexible, continúa su propuesta de fortalecimiento de la formación investigativa de los estudiantes, ampliando aún más las posibilidades de tránsito de los estudiantes entre el pregrado y el posgrado. Dentro de las actividades académicas que promueven el conocimiento de las diferentes tendencias internacionales de investigación podemos citar:

- Las ponencias presentadas por estudiantes y profesores de planta e invitadas en eventos internacionales.
- La posibilidad que tienen los estudiantes de matricular asignaturas de posgrado, las cuales pueden ser homologadas en caso de continuar con dichos estudios.
- Las pasantías realizadas en el exterior por los estudiantes y la asistencia a congresos nacionales e internacionales, generalmente relacionadas por los mismos en las asignaturas respectivas.

Una tabla que resume los grupos de investigación, en lo cuales participan profesores del Departamento de Energía Eléctrica y Automática, se muestra a continuación:

| Grupo | Categoría COLCIENCIAS 2010 |
|---|-----------------------------------|
| Grupo de Automática de la Universidad Nacional - GAUNAL | (A) |
| Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional | (C) |
| Alto Voltaje | (C) |

| Grupo | Categoría COLCIENCIAS 2010 |
|---|----------------------------|
| Grupo Teleinformática y Teleautomática | (D) |
| Grupo de Investigación en Tecnologías Aplicadas - GITA - | (C) |
| Grupo de Investigación en Procesos Dinámicos-Kalman | Reconocido |
| Programa de investigación sobre adquisición y análisis de señales PAAS-UN | (A) |

Tabla 4. Grupos de Investigación en los cuales participan profesores del Departamento de Energía Eléctrica y Automática

7.3 Prácticas y Pasantías.

Los estudiantes y profesores participan de intercambios en instituciones tanto nacionales como internacionales, lo que permite tener la posibilidad de desarrollar actividades académicas, científicas y técnicas y fomentar el intercambio cultural. Este tipo de programas son:

- ✓ Programa de Intercambio Académico con América Latina: Admite el intercambio de estudiantes y profesores entre las universidades latinoamericanas para desarrollar actividades culturales, científicas, técnicas y educativas.
- ✓ Programa El Dorado: Intercambio tanto de estudiantes como de profesores entre universidades colombianas y francesas, con el propósito de adelantar investigaciones o proyectos de estudio.
- ✓ Programa IAESTE (International Association for the exchange of student for technical experience): Ofrece a los estudiantes la oportunidad de estar un período de formación en el extranjero relacionado con sus estudios, conocer a gente de todo el mundo y conocer la cultura de un país a través de su vida cotidiana.

- ✓ Programa ALE: Fomenta la movilidad entre universidades españolas y latinoamericanas.
- ✓ Programa CEPRUQASCUN: permite la movilidad entre universidades canadienses y latinoamericanas.

La Facultad de Minas atendiendo el compromiso de formar profesionales líderes en el desarrollo del país, implementa como una de sus estrategias, la correcta inserción de los estudiantes en el medio laboral a través del ofrecimiento de la práctica profesional, mediante la coordinación de prácticas profesionales, cuyo objetivo es brindar herramientas a los estudiantes adscritos a la Facultad para su vinculación al entorno profesional, fomentado así las oportunidades que ofrecen las entidades externas y el fortalecimiento del espíritu investigativo, innovador, tecnológico y creativo del futuro profesional.

8. ARTICULACIÓN CON LOS EGRESADOS

Para el servicio de todos sus programas, la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ha formulado, difundido y desarrollado políticas coherentes, que buscan ejercer influencias positivas del egresado sobre el medio social y económico en el cual se desenvuelve

En la Universidad se establece el Sistema de Información de Egresados (SIE), con el fin de llevar una comunicación constante y efectiva con sus egresados, para apoyar sus actividades académicas, laborales y sociales, suministrándoles entre otros beneficios, la posibilidad de tener un correo institucional como mecanismo efectivo de comunicación.

Este sistema es provechoso para los intereses de los egresados al poder encontrar ofertas laborales; también resulta de interés para la evaluación de la calidad de la formación en la Universidad, pues así se podrán generar estadísticas sobre la trascendencia laboral de sus egresados y sobre la influencia o impacto de la Universidad en el medio social y productivo.

La Facultad de Minas, cuenta con una asociación de egresados – ADEMINAS-, la cual ha facilitado que los programas mantengan vínculos con sus egresados fomentando las relaciones sociales, económicas y culturales.

9. APOYO A LA GESTIÓN DEL CURRÍCULO

La Universidad se organiza en varias instancias, buscando establecer una forma clara del accionar que facilite los procesos y los trámites en la Institución, tanto en el nivel macro, como en la articulación en las Sedes con cada Facultad y programas. Así, vela por el buen desarrollo de las funciones misionales establecidas en el Estatuto General⁵ que son docencia, investigación y extensión.

9.1 Recurso Administrativo: Organización

Las funciones básicas de la Universidad giran alrededor de Docencia, Investigación y Extensión, para las cuales se tienen mecanismos de gestión en todos los niveles de la estructura de la Universidad:

- ✓ A nivel Nacional:
 - Consejo Superior Universitario.
 - Rectoría.
 - Secretaría General.
 - Consejo Académico.
 - Vicerrectoría General.
 - Vicerrectoría Académica.
 - Vicerrectoría de Investigación.
 - Gerencia Nacional Financiera y Administrativa.
 - Sedes
 - Facultades

- ✓ A nivel de Sede:

⁵ La UN HOY Aproximación a la situación actual de la Universidad, Bogotá D.C. Agosto de 2010, Pp. 77 a 95

- Consejo Superior Universitario.
 - Rectoría.
 - Consejo de Sede.
 - Vicerrectoría de Sede.
 - Dirección Académica.
 - Secretaría de Sede.
 - Facultades
- ✓ A nivel de Facultad:
 - Vicerrectoría de Sede.
 - Decanatura.
 - Vicedecanatura.
 - Vicedecanatura de Investigación y Extensión.
 - Vicedecanatura de bienestar.
 - Consejo de Facultad.
 - Áreas curriculares.
 - Departamentos.
 - ✓ A nivel de Área Curricular:
 - Director de área curricular.
 - Comité asesor.
 - ✓ A nivel de Escuela o Departamento:
 - Director de departamento.

Adicional a lo anterior, la Universidad cuenta con las Direcciones Administrativas y de Planeación que son artífices para una buena gestión.

9.2 Dirección del Programa

Los miembros de gobierno encargados de la gestión del programa tienen formación profesional, son idóneos y de altas calidades; se cuenta con Directores por Área Curricular y por Departamento, de acuerdo al siguiente esquema organizativo:

Proyecto Educativo del Programa – Ingeniería de Control

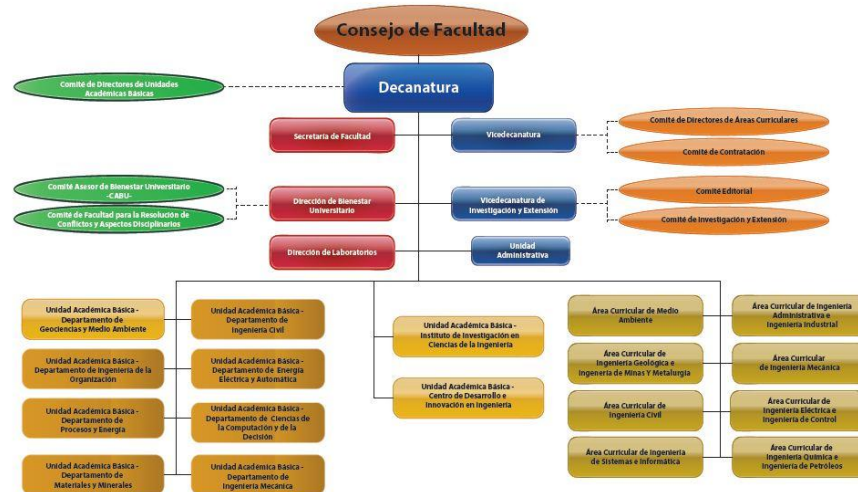


Figura 1. Organigrama de la Facultad de Minas

9.3 Recurso Docente

Para la vinculación de docentes que se han adscrito a los diferentes Departamentos que sirven al programa durante los últimos años, se han tenido en cuenta los Planes Globales de Desarrollo planteados por la Institución con miras a cumplir sus funciones misionales de docencia, investigación y extensión. Concomitantemente, las diferentes unidades académicas básicas que sirven al programa, han definido los perfiles de los docentes que requieren y de acuerdo a sus planes de desarrollo, solicitan a las facultades tramitar ante la Vicerrectoría Académica la convocatoria para la vinculación de los docentes que se requieren.

En la Tablas 5, 6 y 7 se muestran el número de profesores del Departamento de Energía Eléctrica y Automática discriminados por dedicación, categoría y formación definidas para el personal de carrera académica por la Universidad. Dicha tabla se basó en la información de la resolución CF 1406 de 2012.

| Docentes dedicación exclusiva | Docente tiempo completo | Docente Cátedra 0,4 | Docente Cátedra 0,3 | Total |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 14 | 3 | 3 | 0 | 20 |

Tabla 5. Docentes Vinculados por Dedicación

| Profesor asistente | Profesor asociado | Profesor auxiliar | Profesor titular | Instructor asociado | Total |
|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|-------|
| 8 | 10 | 2 | 0 | 0 | 20 |

Tabla 6. Docentes Vinculados por Cargo

| Profesional universitario | Especialización | Maestría | Doctorado | Total |
|---------------------------|-----------------|----------|-----------|-------|
| 1 | 2 | 6 | 11 | 20 |

Tabla 7. Docentes Nivel Académico

La Universidad cuenta con un sistema de evaluación del personal académico que le permite analizar su desempeño y orientar sus acciones en la actividad universitaria. La evaluación tiene un carácter integral, una periodicidad anual y un espacio institucional en el calendario académico.

Todas estas facultades administran el personal docente de acuerdo a su objeto, lo que posibilita que los estudiantes a partir de las asignaturas ofertadas y seleccionadas tengan influencia en su proceso académico de las diferentes áreas del saber, fortaleciendo su formación integral. Esta interdisciplinariedad permite el logro de los objetivos institucionales y del programa.

9.4.1 Infraestructura

Los distintos programas académicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín comparten la mayoría de los recursos físicos en procura del mejor aprovechamiento de los mismos, de ampliar la cobertura de los usuarios, mejorar la eficiencia en la aplicación de los recursos humanos y físicos y facilitar la administración académica.

Proyecto Educativo del Programa – Ingeniería de Control

Muchos de los recursos están asignados a las Facultades, Escuelas, Departamentos, Centros, Institutos, Oficinas, y a la Administración. A ellos acceden los estudiantes y docentes, independientemente del programa al que estén adscritos. La Biblioteca Efe Gómez, la Biblioteca de la Facultad de Minas y los Centros de documentación y de Informática existentes en otras unidades académicas atienden a todos los usuarios.

La Sede dispone de 5.600.091,20 m² en predios, y un área construida de 118.506,77 m², repartidos en los núcleos del volador y de Minas. En la tabla 12 se presenta el área de predios y área total construida en los Núcleos Urbanos y Centros y Parcelas Rurales al año 2009:

| Identificación | Área del Predio en (m2) | Área Construida (m2) |
|---|-------------------------|----------------------|
| Núcleo del Río Mat. 297361 | 31.758,00 | 6.942,61 |
| Cerro el Volador Mat. 50011 | 269.257,00 | 268,07 |
| Lote de la Torre Mat. 5151444 | 2.228,00 | |
| Núcleo del Volador Mat.11731 | 272.982,33 | 74.544,96 |
| Núcleo Robledo Mat. 01N-5171933 | 71.376,47 | 21.587,47 |
| Ingeominas (Resolución 180122) | 29.602,22 | 1.245,81 |
| Escuela y Guardería (Barrio Robledo Palenque) Esc.No 1101 | 5.011,00 | 749,82 |
| Subtotal Urbano (Medellín) | 682.215,02 | 105.338,74 |
| Centro Paysandú (corregimiento de Santa Elena) | 1.393.367,00 | 2.432,04 |
| Centro San Pablo (Rionegro) Esc. No 3649 | 274.683,18 | 5.281,28 |
| Centro Piedras Blancas (Vereda Santa Elena) Esc No 4841 | 38.400,00 | 2.727,19 |
| Centro Cotové (Santafé de Antioquia) Esc. No 4345 | 1.143.350,00 | 2.613,48 |
| Parcela San Sebastián –La Castellana (Envigado) Resol.969 | 94.152,00 | |
| Parcela La Esperanza (San Jerónimo) Resol.969 | 509.547,00 | |
| Parcela Corralitos (San Jerónimo) Resol.969 | 1.348.400,00 | 25 |

| Identificación | Área del Predio en (m2) | Área Construida (m2) |
|---|-------------------------|----------------------|
| Parcela Santa Rita (Venecia) Resol. 969 | 115.405,00 | 60 |
| Lote Antena Emisora (San Cristobal) | 572 | 29,04 |
| Subtotal Rural | 4.917.876,18 | 13.168,03 |
| Área total | 5.600.091,20 | 118.506,77 |

Tabla 8. Área de predios y área total construida en los Núcleos Urbanos y Centros y Parcelas Rurales a 2009

Las edificaciones y espacios presentan condiciones adecuadas de iluminación, las actividades de bienestar adelantadas en la Universidad tienen espacios dotados para el desarrollo de actividades deportivas por parte de la comunidad académica: piscina, canchas de fútbol y microfútbol, baloncesto, voleibol, tenis de campo y de mesa, gimnasio con equipos, espacios para la práctica del atletismo y otras actividades recreativas.

Se cuenta con auditorios, salas y espacios de teatro en los cuales periódicamente se programan exposiciones, recitales, conciertos, películas, obras de teatro y otras actividades culturales y de recreación para toda la comunidad universitaria. Se cuenta además con cinco casas arrendadas para residencias universitarias.

9.5 Recursos informáticos y de comunicación

En la Universidad Nacional de Colombia se cuenta con diversas modalidades de comunicación e información: páginas Web, correo electrónico, Unibiblos, UN Periódico, Impronta, TV, Radio, centros de cómputo y salas de Informática, red de bibliotecas, revistas y publicaciones diversas, auditorios, etc., buscando alcanzar un mayor acercamiento y una comunicación transparente con la comunidad académica y con el mundo externo.

Para conseguir la integración, diversificación y difusión del conocimiento, la Facultad de Minas tiene implementadas asignaturas en plataformas virtuales como un mecanismo que le permita, no sólo a los estudiantes y docentes, sino a la sociedad en general, tener fácil acceso a la educación.

9.6 Sistemas de Información

Administrativamente los sistemas informáticos permiten la relación de los estudiantes y profesores con la Institución, utilizando los siguientes subsistemas:

- Sistema de Información Académica (SIA).
- Sistema Integrado de Información del talento humano (SARA).
- Sistema de gestión financiera (QUIPU).
- Sistema de Evaluación de Cursos y Docentes (EVALNET).
- Sistema de Información en las Bibliotecas (SINAB).
- Sistema de Información de la Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (HERMES).
- Sistema de Mejor Gestión Electrónico.
- Sistema de Información y Atención Secretarial (SIASE).

La Sede Medellín cuenta con Internet en todo su campus, con tres aulas TIC, aulas con dotación de computadores y sistemas de video beam de las cuales una se encuentra en la Facultad de Minas, y 44 salas de informática adecuadamente dotadas y ubicadas en diferentes lugares, entre otras dotaciones.

9.7 Recursos bibliográficos

El Departamento de Bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, proporciona a los usuarios el acceso a la información necesaria para el desarrollo de las actividades de docencia, investigación y extensión. Para ello, dispone de colecciones y ofrece servicios acordes con las características de éstos.

9.7.1 Sistema Nacional de Bibliotecas SINAB

La Universidad Nacional de Colombia cuenta con un Sistema Nacional de Bibliotecas (SINAB) integrado por veintidós bibliotecas plenamente dotadas, que unifican, organizan y facilitan la consulta de todo el acervo bibliográfico de la Universidad en todas sus sedes.

De acuerdo con los nuevos instrumentos de investigación, el SINAB brinda el acceso a bases de datos referenciales y al texto completo de publicaciones académicas internacionales en todas las áreas del conocimiento. Además, cuenta con:

- 74 bases de datos
- 198.000 libros electrónicos
- 27.959 títulos de P.S.-e7
- 54.467 títulos de P.S., periódicos y otros documentos en paquetes de contenidos.

El SINAB ha establecido convenios con otras instituciones para compartir la consulta y el préstamo de material bibliográfico, razón por la que se encuentra participando de las siguientes redes y sistemas bibliotecarios:

- International Federation of Libraries Associations – IFLA.
- American Libraries Association – ALA.
- Iberoamerican Science & Technology Education Consortium – ISTECS.
- Red Colombiana de Bibliotecas Universitarias –RCBU.
- Proyecto Biblioteca Digital Colombiana.
- Proyecto Biblioteca Digital Andina.
- Grupo Usuarios EXLIBRIS Colombia.
- Redes de carácter regional: Redes académicas de alta velocidad, Comités de Bibliotecas en los capítulos de RENATA: RUMBO (Bogotá), RUAV (Palmira), RADAR (Manizales).
- Otras redes: G8, Servinfo (Medellín).

9.8 Laboratorios

En la estrategia hacia la presencia nacional y regional, la Universidad Nacional de Colombia debe responder con un sistema de laboratorios con alto grado de confiabilidad y capacidad técnica que pueda dar cuenta de la inversión en docencia, investigación y extensión y pueda aportar en el mejoramiento de competitividad de la nación.

La Universidad en la Sede Medellín, desarrolló el proyecto: Sistema Nacional de Laboratorios -SNL-, fundamentado en que la investigación y la extensión deben ser componentes fundamentales en la formación de nuestros egresados que reciben una educación activa, viva y dinámica.

Por su parte, la Facultad de Minas viene desde el año 2002, adelantando el proyecto de “Modernización de la infraestructura experimental de los laboratorios”, cuyos objetivos son:

- ✓ Implementar un sistema de gestión de la calidad en 36 laboratorios.
- ✓ Obtener la acreditación de los ensayos en 15 que hacen parte del sistema nacional de laboratorios (SNL).

Entre las actividades adelantadas por este proyecto se destacan:

- ✓ La realización con el Grupo Regional ISO de la Universidad de Antioquia del diplomado en gestión y auditoría de la calidad bajo la norma ISO/IEC- 17025 para el personal de los laboratorios de la Facultad de Minas. En el cual participaron los jefes de once laboratorios de la Facultad y 17 técnicos operativos.
- ✓ La elaboración del diagnóstico de veintitrés laboratorios de la Facultad de Minas.

Como soporte a la actividad académica y en especial a la formación ingenieril, la Facultad de Minas dispone de laboratorios en diferentes áreas,

lo cual constituye un elemento fundamental para la formación de los estudiantes, ya que a través de la experimentación logran una mayor comprensión de los fenómenos y un mayor acercamiento a la realidad de su profesión.

Los laboratorios de que dispone la Facultad facilitan el desarrollo de investigaciones en diferentes áreas de las Ingenierías, a la vez que se promueve la docencia y la asesoría a diversos sectores productivos en temáticas determinadas por sus competencias y sus recursos.

Algunos laboratorios están especializados en la aplicación de pruebas o ensayos específicos y en el desarrollo o aplicación de técnicas que pueden ser de utilidad a la industria nacional o a la comunidad en general. La Universidad cuenta con laboratorios acreditados y en vía de acreditación, lo que garantiza la confiabilidad de sus resultados.

El plan de estudios de Ingeniería de Control además de las ciencias básicas contempla otras asignaturas con componente práctico, para lo cual tiene acceso a los Laboratorios de Física, Hidráulica y Mecánica de Fluidos, entre otros.

El diseño y disposición de las instalaciones de los laboratorios están de acuerdo con las normas técnicas, por tanto presentan las condiciones de seguridad necesarias para las actividades que allí se realizan tales como: adecuado almacenamiento de muestras y disposición de equipos de medición, amplitud para la movilización de personas y equipos, señalización de seguridad, extintores y equipos de primeros auxilios. En la siguiente tabla se nombran los laboratorios de la Facultad de Minas por departamentos y en <http://www.medellin.unal.edu.co/~dirlabminas/>, se encuentra toda la información de los laboratorios del Departamento de Energía Eléctrica y Automática.

| Departamento | Laboratorio |
|------------------|---------------------------------------|
| Ingeniería Civil | Laboratorio de Estructuras |
| | Laboratorio de Geotecnia y Pavimentos |
| | Laboratorio de Topografía |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Materiales y Minerales | Laboratorio de Caracterización de Materiales |
| | Laboratorio de Biomineralogía |
| | Laboratorio de Carbones |
| | Laboratorio de Beneficio de Minerales |
| | Laboratorio de Mineralogía |
| | Laboratorio de Química del Cemento |
| | Laboratorio de Soldadura |
| | Laboratorio de Tribología y Superficie |
| Geociencias y Medio Ambiente | Laboratorio de Calidad del Aire |
| | Laboratorio de Geología Física |
| | Laboratorio de Hidráulica y Mecánica de Fluidos |
| | Laboratorio de Petrografía |
| | Laboratorio de Sedimentarias y Paleontología |
| | Laboratorio de Biotecnología |
| | Laboratorio de Crudos y Derivados |
| | Laboratorio de Electroquímica |
| Procesos y Energía | Laboratorio de Ingeniería Sanitaria |
| | Laboratorio de Máquinas Térmicas |
| | Laboratorio de Operaciones Unitarias |
| | Laboratorio de Planta Piloto de Carbón Activado |
| | Laboratorio de Termodinámica |
| | Laboratorio de Yacimientos y Fluidos de Perforación |
| Ingeniería Mecánica | Laboratorio de Diagnóstico de Maquinaria |
| | Laboratorio de Procesos de Manufactura |
| | Laboratorio de Alto Voltaje |
| Energía Eléctrica y Automática | Laboratorio de Electricidad y Automatización |
| | Laboratorio de Máquinas y Medidas Eléctricas |
| | Laboratorio de Mecatrónica |

Tabla 9. Laboratorios Facultad de Minas.

10. CONCLUSIONES

Se ha logrado construir un documento inicial de PEP que describe los aspectos más importantes del programa curricular de Ingeniería de Control. Dicho documento se basó en los informes de autoevaluación y acreditación, en las normas de creación y reformas del programa, en la reglamentación de la universidad, en las discusiones al interior del comité asesor, en las sugerencias de profesores, estudiantes y del personal administrativo de apoyo, y en las ideas retomadas de otras fuentes bibliográficas.

Del documento se puede extraer que la Ingeniería de Control es una disciplina que aporta mucho al desarrollo del país en las áreas de modelamiento, control, automatización e instrumentación para resolver problemas en una gran variedad de aplicaciones. Se espera que esta disciplina se consolide con el afianzamiento de los egresados en el medio y con una mayor interacción entre la Industria y la Universidad.

Se espera continuar mejorando este documento para actualizarlo según los cambios que se produzcan en el programa y en el medio.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autoevaluación con Fines de Acreditación, Programa Curricular Ingeniería de Control. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. 2008.

Control in an Information Rich World. Report of the Panel on Future Directions in Control, Dynamics, and Systems. Richard M. Murray (chair). DRAFT: v1.1, Mar 31, 2001.

De Prada, Cesar. *El Futuro del Control de Procesos.* Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Vol 1, N 1, 2004.

Future Directions in Control, Dynamics, and Systems: Overview, Grand Challenges, and New Courses. Richard M. Murray. Control and Dynamical Systems. California Institute of Technology. Pasadena, CA USA. Submitted, *European Journal of Control*. 31 March 2003.

Murray, Richard M; Aström, Karl J; Boyd, Stephen P; Brockett, Roger W and Stein, Gunter. *Future Directions in Control in an Information Rich World.* IEEE Control Systems Magazine, April 2003.

Nikacevica, Nikola M; Huesmana, Adrie E.M; Van den Hofa, Paul M.J; Stankiewicz, Andrzej I. *Opportunities and Challenges for Process Control in Process Intensification.* Chemical Engineering and Processing, 52 (2012).

Thomas F. Edgar; Babatunde A. Ogunnaike; Kenneth R. Muske. *A Global View of Graduate Process Control Education.* Computers and Chemical Engineering, 30 (2006), 1763–1774.

Thomas, Edgar; Babatunde, Ogunnaike; James, Downsc; Kenneth, Muske and Bequette, Wayne. *Renovating the Undergraduate Process Control Course.* Computers and Chemical Engineering, 30 (2006).