



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

# **Estudio de Factibilidad para la modificación del Registro Calificado del proyecto curricular**

**Ingeniería en Control y Automatización por  
ciclos propedéuticos con Tecnología en  
Electrónica**

---

**Facultad Tecnológica**

Bogotá, Agosto, 2018

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MODIFICACIÓN DEL REGISTRO CALIFICADO DEL  
PROYECTO CURRICULAR**

**PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN POR CICLOS  
PROPEDEÚTICOS CON TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**BOGOTÁ D.C., Agosto de 2018.**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**RICARDO GARCÍA DUARTE**  
Rector

**WILLIAM FERNANDO CASTRILLÓN CARDONA**  
Vicerrector Académico

**JOSÉ VICENTE CASAS DÍAZ**  
Vicerrector Administrativo y financiero

**ESPERANZA DEL PILAR INFANTE LUNA**  
Coordinadora General de Autoevaluación y Acreditación de Calidad

**ROBINSON PACHECO GARCÍA**  
Decano Facultad Tecnológica

**FRANK NIXON GIRALDO RAMOS**  
Coordinador Autoevaluación y Acreditación,  
Facultad Tecnológica

**ESPERANZA CAMARGO CASALLAS**  
Coordinadora Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica,  
Ingeniería en Control y Automatización e Ingeniería en Telecomunicaciones por ciclos  
propedéuticos

**ANDRÉS ESCOBAR DIAZ**  
Coordinador Autoevaluación y Acreditación,  
Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica, Ingeniería en Control y Automatización e  
Ingeniería en Telecomunicaciones por ciclos propedéuticos

**CONSEJO CURRÍCULAR**  
**EDWAR JACINTO GOMEZ**  
**HARVEY GOMEZ CASTILLO**  
**HAROLD VACCA GONZALEZ**  
**MIGUEL RICARDO PEREZ PEREIRA**  
**HERMES JAVIER ESLAVA BLANCO**

**COLABORADORES (DOCENTES):**  
**HARVEY GÓMEZ CASTILLO**  
**GIOVANNI RODRIGO BERMUDEZ BOHORQUEZ**

# Contenido

|       |                                                                                                                                          |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....                                                                                                          | 7  |
| 2.    | ANÁLISIS DEL MERCADO .....                                                                                                               | 8  |
| 2.1   | Análisis de la oferta regional .....                                                                                                     | 8  |
| 2.2   | Percepción de los empresarios .....                                                                                                      | 10 |
| 2.3   | Percepción de los egresados .....                                                                                                        | 11 |
| 3.    | VIABILIDAD ACADÉMICA .....                                                                                                               | 14 |
| 3.1   | Proyección social de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas UDFJC .....                                                       | 14 |
| 3.2   | Proyección social de la Facultad Tecnológica de la UDFJC .....                                                                           | 15 |
| 3.3   | Proyección social del programa de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos<br>propedéuticos con Tecnología en Electrónica. .... | 16 |
| 3.4   | Perfil de ingreso al Proyecto curricular.....                                                                                            | 18 |
| 3.5   | Perfil del egresado del proyecto curricular. ....                                                                                        | 19 |
| 3.6   | Referentes a nivel nacional e internacional.....                                                                                         | 21 |
| 3.6.1 | Referentes en Norteamérica, Europa y Australia.....                                                                                      | 21 |
| 3.6.2 | Referentes nacionales y latinoamericanos.....                                                                                            | 22 |
| 3.7   | Situación del campo de conocimiento de la automatización a nivel nacional e internacional..                                              | 30 |
| 3.8   | Viabilidad del plan de estudios .....                                                                                                    | 32 |
| 4.    | VIABILIDAD ADMINISTRATIVA Y LEGAL .....                                                                                                  | 34 |
| 4.1   | Organización administrativa de la Universidad, la Facultad y el Proyecto Curricular de<br>Tecnología en Electrónica .....                | 34 |
| 4.1.1 | Estructura Organizativa de la Facultad .....                                                                                             | 36 |
| 4.1.2 | Estructura Organizativa del Proyecto Curricular .....                                                                                    | 37 |
| 4.2   | Marco Normativo .....                                                                                                                    | 38 |
| 5.    | EVALUACIÓN FINANCIERA ECONÓMICA .....                                                                                                    | 40 |
| 5.1   | Modelo de costos proyecto curricular de Pregrado de la UDFJC .....                                                                       | 40 |
| 5.2   | La función de costos de un proyecto curricular.....                                                                                      | 44 |
| 6.    | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                         | 46 |

## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: 2012-2013 Programas de nivel tecnológico con la más alta vinculación y el mejor salario ..                                            | 8  |
| Figura 2: 2013-2014 Programas de nivel tecnológico con la más alta vinculación y el mejor salario ..                                            | 9  |
| Figura 3: Encuesta a empresarios AUTOMATISA- Denominación ingeniero con la formación del Ingeniero en Control de la Universidad Distrital ..... | 10 |
| Figura 4: Encuesta a egresados 2016- campos de conocimiento que deben visibilizarse en la denominación .....                                    | 11 |
| Figura 5: Encuesta a egresados 2016- Denominaciones preferidas por los egresados .....                                                          | 12 |
| Figura 6.Organigrama Universidad Distrital Francisco José de Caldas .....                                                                       | 35 |
| Figura 7.Organigrama funcional de la Facultad Tecnológica .....                                                                                 | 37 |

## Listas de Tablas

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Oferta Regional en Tecnología en Electrónica.....                                                     | 8  |
| Tabla 2. Oferta Regional en Ingeniería en Control y Automatización. ....                                       | 9  |
| Tabla 3 Insumos proyecto curricular .....                                                                      | 43 |
| Tabla 4. Costos de un proyecto curricular de pregrado (a precios corrientes y precios constantes de 2017)..... | 44 |

## **1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, pionera en el ofrecimiento de programas por ciclos propedéuticos en el país con más de 20 años de trayectoria en este aspecto, ha consolidado el campo profesional del control, la automatización y la instrumentación. Hacia inicios de los años 2000 ofertó el proyecto curricular de Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación, en ciclos con el proyecto de Tecnología en Electrónica, más adelante el programa evolucionó y siguiendo las tendencias de la profesión en cuanto a denominaciones, y atendiendo las sugerencias de la sala CONACES se cambió la denominación a Ingeniería en Control y se mantuvo la denominación del ciclo de Tecnología en Electrónica, con estas denominaciones el proyecto curricular está funcionando actualmente. Ahora bien, una vez más como resultado de la interacción permanente con el sector productivo, con nuestros egresados y revisando los referentes nacionales e internacionales, el Proyecto Curricular ha decidido cambiar la denominación del programa de Ingeniería en Control a Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos, respetando las líneas disciplinares de énfasis que se han venido trabajando y consolidando durante este tiempo: la automatización, el control de procesos y la instrumentación. Este planteamiento, pretende darle mayor visibilidad a nuestro egresado ya que se trata de una denominación que es ampliamente reconocida por los empresarios, el sector industrial, el sector académico, el Ministerio de Educación Nacional (En CONACES es requerido para la integración de las mesas de Ingeniería y profesiones afines, entre los varios perfiles de ingenieros un ingeniero en Control y Automatización) y le permite a nuestro egresado presentarse con facilidad ante oportunidades de crecimiento profesional y laboral en el país y en el extranjero.

Atendiendo a la solicitud de la oficina de acreditación, quienes plantean que para cambios en el total de créditos del plan de estudios, se requiere un estudio de factibilidad que justifique dicho cambio, y en vista que se disminuyeron nueve (9) créditos respecto al plan de estudio anterior, se hace necesario desde el programa atender a este requerimiento. Para tal efecto se presenta en cinco apartados el presente estudio: análisis del mercado, viabilidad académica, viabilidad administrativa y legal, pertinencia académica del plan de formación y la evaluación económica.

## 2. ANÁLISIS DEL MERCADO

### 2.1 Análisis de la oferta regional

De acuerdo a datos del observatorio laboral (OLE Mineducación) la caracterización por nivel de formación de los graduados indica que en los últimos años se ha registrado que los niveles tecnológicos han aumentado su participación frente al nivel profesional, ampliando la participación en la industria nacional.

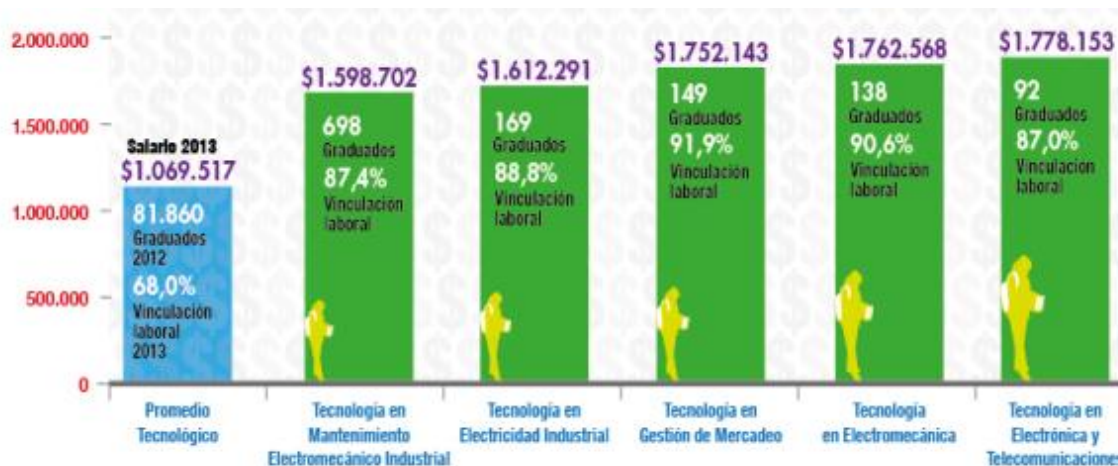
*Tabla 1. Oferta Regional en Tecnología en Electrónica.*

| Carreras de la Oferta                          | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Total |
|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| TECNOLOGIA EN ELECTRONICA                      | 235  | 218  | 243  | 195  | 182  | 162  | 1235  |
| TECNOLOGIA EN ELECTRONICA INDUSTRIAL           | 71   | 98   | 85   | 99   | 84   | 62   | 499   |
| TECNOLOGIA EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES | 14   | 10   | 1    | 0    | 0    | 1    | 26    |
| TECNOLOGIA EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES     | 52   | 14   | 34   | 22   | 18   | 20   | 160   |

Fuente: Oferta Regional en Tecnología Electrónica OLE Mineducación

En el periodo 2011-2016, la tecnología en Electrónica se mantiene como la denominación que más genera tecnólogos para el mercado laboral, alcanzando su máximo tope en el año 2013 con (243 egresados), mismo año en que la tecnología electrónica y telecomunicaciones, se ubicaba en el primer puesto en cuanto a vinculación y salario, con el 87% de vinculación laboral y un salario de \$1.778.153. Así se demuestra en la Figura 1, compartiendo los primeros cinco lugares con denominaciones como tecnología electromecánica (90.6% vinculación laboral-salario \$1762.000); Tecnología en gestión de mercados (91.9% vinculación laboral-salario \$1.752.143); Tecnología en electricidad industrial (88.8% vinculación laboral-salario \$1.612.291); Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial (90.6% vinculación laboral-salario \$1.598.702); muy arriba de la media que para el año 2013 se ubicó en términos salariales en \$1.069.517, y la tasa de vinculación laboral para los tecnólogos fue de 68.0%. (Mineducación observatorio laboral, junio 2015)

**Figura 1: 2012-2013 Programas de nivel tecnológico con la más alta vinculación y el mejor salario**

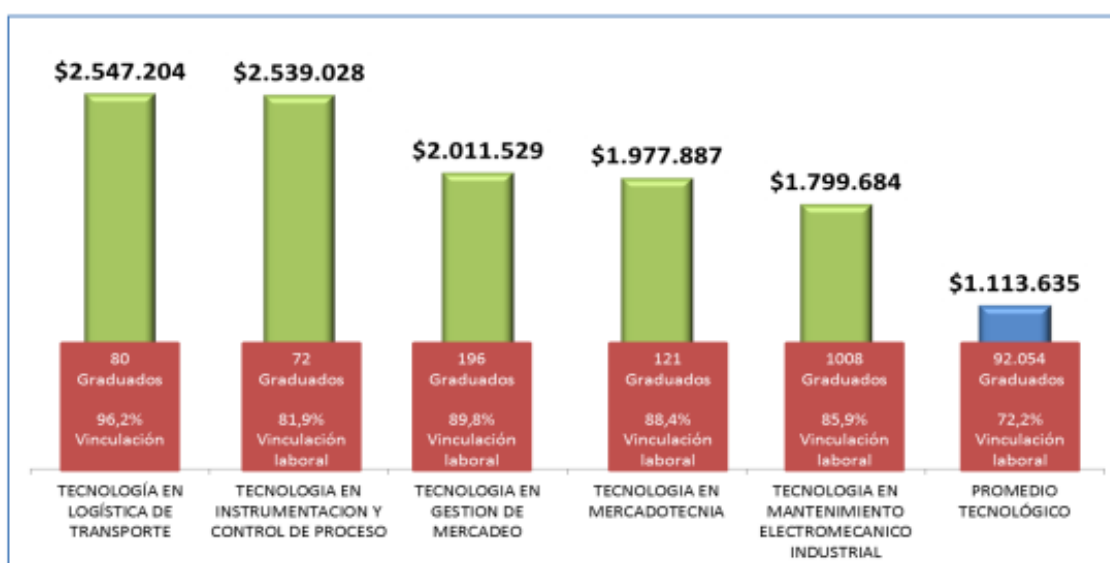


Fuente: Observatorio laboral Mineducación 2015



Si bien es cierto para las mediciones del año 2014, de este mismo organismo ya no se ubica en el primer lugar, se ubica entre las diez primeras denominaciones, solo superado en relación con el componente básico común NBC (ingeniería electrónica, telecomunicaciones y afines) por la denominación Tecnología en instrumentación y control de proceso (72 graduados, vinculación laboral del 81.9%, salario del \$2.539.028) (Mineducación Observatorio laboral para la educación, Junio 2015), La denominación se mantiene en los primeros lugares.

**Figura 2: 2013-2014 Programas de nivel tecnológico con la más alta vinculación y el mejor salario**



Fuente: Ministerio de Educación Nacional - Observatorio Laboral para la Educación

No deja de ser preocupante la alta volatilidad en el comportamiento de las mediciones para el año 2014 ((Mineducación Observatorio laboral para la educación, 2016), ya que la nueva configuración de los cinco programas, ubica en los cuatro primeros lugares a cuatro nuevas tecnologías (1. Tecnología en logística de transporte, 2. Tecnología en instrumentación y control de proceso, 3. Tecnología en gestión de mercadeo, 4. Tecnología en mercadotecnia) y solo se mantiene en el mismo quinto lugar Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial.

En el campo de la Ingeniería en Control y Automatización, según datos del **OLE** se evidencia una vinculación constante al ámbito laboral para los profesionales de este campo, excepto en el caso de ingeniería en control electrónico e instrumentación que es una carrera no activa, no obstante, presenta aun oferta. Se evidencia que ampliando en este caso la denominación a control y automatización se armoniza la oferta para estos profesionales.

**Tabla 2. Oferta Regional en Ingeniería en Control y Automatización.**

| Carreras de la Oferta                               | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Total |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| INGENIERIA EN AUTOMATIZACION INDUSTRIAL             | 3    | 6    | 7    | 5    | 3    | 5    | 29    |
| INGENIERIA EN AUTOMATIZACIÓN                        | 3    | 13   | 10   | 36   | 12   | 25   | 99    |
| INGENIERIA EN CONTROL                               | 38   | 27   | 48   | 24   | 18   | 39   | 194   |
| INGENIERIA EN CONTROL ELECTRONICO E INSTRUMENTACION | 16   | 6    | 18   | 0    | 0    | 1    | 41    |

Fuente: Oferta Regional en Ingeniería Control y Automatización OLE Mineducación

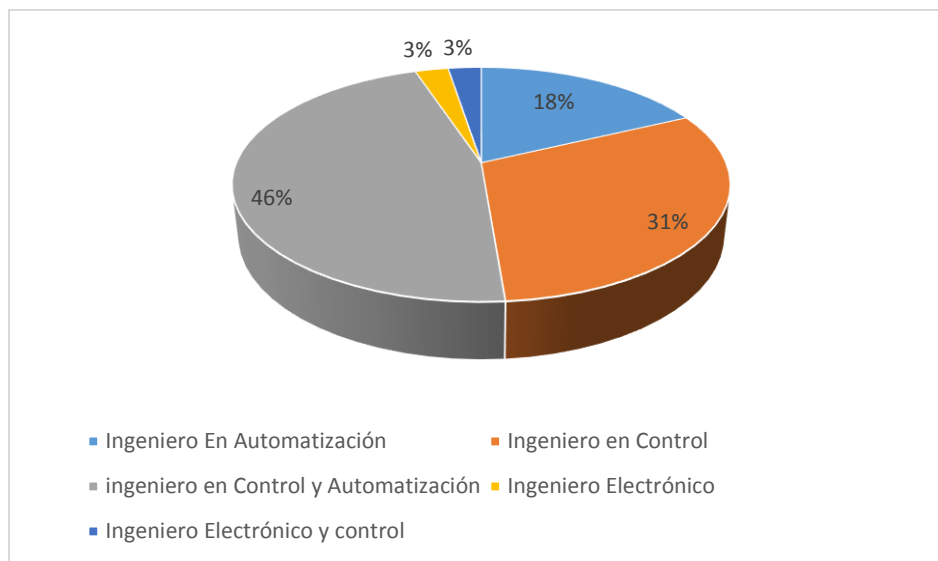
En el periodo de vigencia del actual registro calificado, la comunidad académica del Proyecto Curricular, ha consultado a los diferentes actores (egresados, docentes y empresarios) acerca de la visibilidad en el sector productivo de la denominación de Ingeniería en Control por ciclos propedéuticos, toda vez que esta denominación solo se oferta en la Universidad Distrital y la Universidad Nacional de Medellín (Ingeniería de Control).

## 2.2 Percepción de los empresarios

El programa de Ingeniería en Control participó en calidad de expositor durante los años **2011 y 2013**, en la tercera y cuarta versión de la feria **AUTOMATISA** organizada por ISA (International Society of Automation), por sus siglas en inglés, evento especializado que convoca expositores con lo más avanzado en tecnología de instrumentación, automatización e inteligencia de planta, de centro América, región Andina y el Caribe, que contó con la asistencia de empresas como: Siemens, Ecopetrol, Colsein, Analdex, Pacific Rubiales entre otras. En el marco de esta feria, se encuestó a las empresas expositoras y a las empresas visitantes relacionadas con el área.

En la encuesta a empresarios, en la pregunta **“Conoce el programa de Ingeniería en Control de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas”**, los encuestados respondieron, NO en un 67%, lo cual indica la poca visibilidad del programa con dicha denominación. El 27% de los empresarios afirmó conocer y emplear ingenieros en Control, sobre esta muestra, a la pregunta **“Que ingeniero considera necesario para las actividades de su empresa”** el 69% de los encuestados determinó que un ingeniero en Control y Automatización cumpliría con las expectativas, mientras que un 28% consideró que dichas expectativas las cumpliría un Ingeniero Electrónico. Adicionalmente se preguntó acerca de la posibilidad de pasantías, proyectos de I+D, convenios, y las áreas en donde estarían interesados en establecer relaciones de cooperación universidad-empresa, a este respecto se priorizaron las siguientes áreas: 29% automatización, 28% Control, 7% electrónica, 5% electro-mecánica, 4% instrumentación, 4% formulación y gestión de proyectos; 3% Mantenimiento y servicio. A la pregunta **“cómo denominaría a un ingeniero con la formación del Ingeniero en Control de la Universidad Distrital?”** Los encuestados respondieron: 46% Ingeniería en Control y Automatización, 31% Ingeniería en Control, 18% Ingeniería en Automatización, 3% Ingeniería Electrónica, 3% Ingeniería Electrónica y Control.

*Figura 3: Encuesta a empresarios AUTOMATISA- Denominación ingeniero con la formación del Ingeniero en Control de la Universidad Distrital*

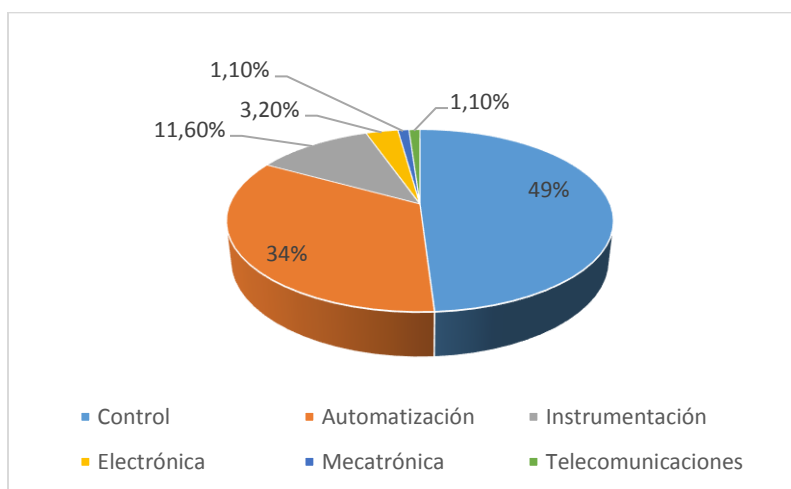


Fuente: Programa curricular de Electrónica, Encuesta a empresarios 2011-2013

### 2.3 Percepción de los egresados

La encuesta realizada en noviembre de 2016 a egresados del programa de Ingeniería en Control, en el marco del **proceso de autoevaluación**, a través de la pregunta **"En caso de un cambio de denominación del programa de Ingeniería en Control, que denominación propondría usted"**, permitió identificar varios aspectos, el primero de ellos el 70,9% de los encuestados consideraron que se debería cambiar la denominación, pero para un 29,1% no tiene ninguna importancia el cambio. Otro aspecto importante tiene que ver con los campos de conocimiento que deberían visibilizarse en la denominación, el resultado demostró que los egresados del programa, continuaban privilegiando el campo de control (49%); seguido de automatización 34%; Instrumentación 11,6%, electrónica 3,2%, 1,1% mecatrónica al igual que telecomunicaciones.

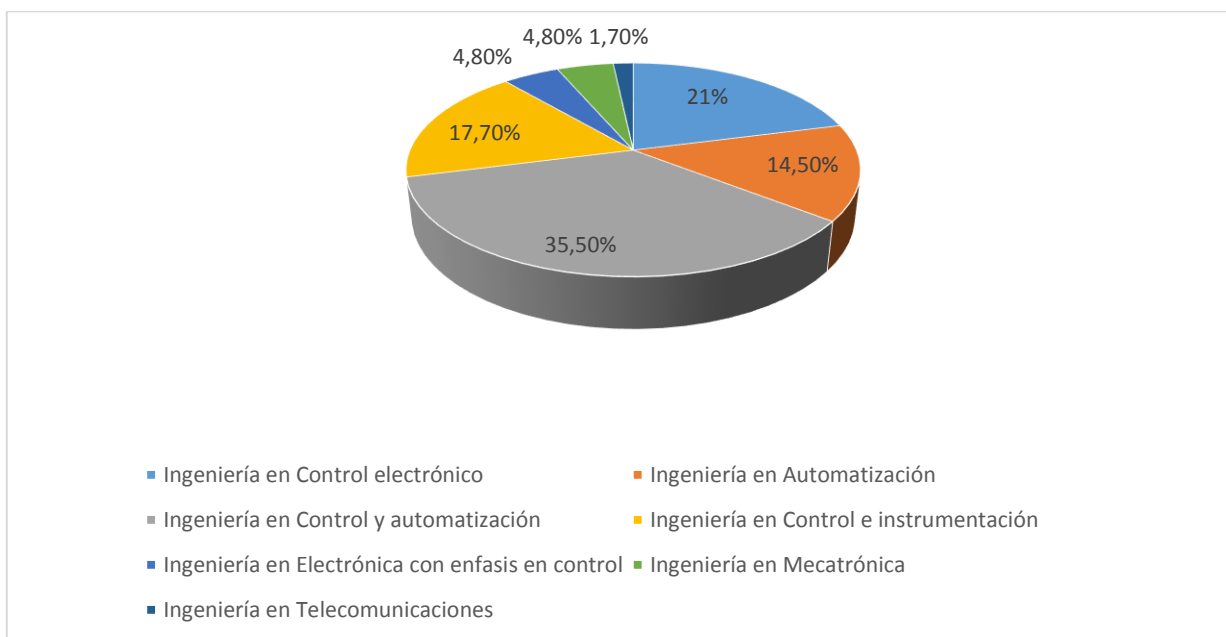
**Figura 4: Encuesta a egresados 2016- campos de conocimiento que deben visibilizarse en la denominación**



Fuente: Programa curricular de Electrónica, encuesta a egresados 2016

Respecto al cambio en la denominación los egresados que consideraron el cambio (70.9%), propusieron siete denominaciones respectivamente: el 35,5% ingeniería en Control y Automatización, el 21% Ingeniería en Control Electrónico, 17.7% ingeniería en Control e instrumentación, 14,5% Automatización, 4,8% proponen Electrónica con énfasis en control, igual porcentaje para mecatrónica, y finalmente un 1,7% propuso Telecomunicaciones.

**Figura 5: Encuesta a egresados 2016- Denominaciones preferidas por los egresados**



Fuente: Programa curricular de Electrónica, encuesta a egresados 2016

En cuanto a programas con denominaciones similares en el contexto nacional y latinoamericano, las denominaciones, exceptuando la Ingeniería de Control de la Universidad Nacional sede Medellín, tienen una denominación compuesta que acompaña el campo del Control así se identifica en: México, Ingeniería en Control y Automatización (Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Instituto Politécnico Nacional; Chile, Ingeniería en Automatización y Control Industrial (Universidad Tecnológica de Chile); Argentina, Ingeniería en Automatización y Control Industrial (Universidad de Quilmes); Colombia, Ingeniería en Control y Automatización Industrial (Universidad Antonio Nariño), Ingeniería en Instrumentación y Control (Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid). Este cambio adicionalmente permite que el programa gane mayor visibilidad, puesto que puede ser incluido por la nueva denominación en redes nacionales e internacionales como la Red de Ingeniería Mecatrónica y Automatización RIMA.

Lo anterior pone en evidencia, la necesidad de cambio de la denominación, dado que en los casos tanto de empresarios como de egresados, en diferentes momentos de vigencia del registro (2011-2013-2016) coincidieron en visibilizar otra de las áreas fuertes de formación como lo es la Automatización en la denominación. En esta misma dirección los docentes del Proyecto Curricular, en Consejo Curricular ampliado después de innumerables sesiones de discusión académica se determinó el cambio de denominación de Ingeniería en Control por ciclos propedéuticos con Tecnología en

Electrónica a **Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica** (Acta del 13 de Julio de 2018), cambio que fue avalado por el Consejo de Facultad (acta 12 del 26 de julio de 2018).

Respecto al campo de formación, a continuación, se describen las características de algunos de los programas de ingeniería en control y automatización, en el contexto nacional e internacional, así como programas en Tecnología en Electrónica.

### **3. VIABILIDAD ACADÉMICA**

#### **3.1 Proyección social de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas UDFJC**

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), es una institución autónoma de carácter público de educación superior, fundada en 1948 por el Concejo de Bogotá como una Universidad para Bogotá financiada por el Distrito Capital, con el objetivo de brindar acceso a la educación superior a la población de la ciudad-región que por bajos recursos no tiene la posibilidad de desarrollar su formación profesional y posgradual; busca garantizar el ingreso de los estratos menos favorecidos, con lo cual asciende a la escala social de valores como una forma de justicia y equidad social; constituida esencialmente por procesos y relaciones que generan estudiantes y profesores identificados en la búsqueda libre del saber. Es la Universidad de la Capital del país, que presenta soluciones a los problemas de su entorno y contribuye a la construcción de la nación, con sus programas y sus proyectos de investigación y extensión.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, es un espacio para la apropiación, cuestionamiento y enriquecimiento del saber universal. En cuanto está llamada a atesorar el patrimonio común de la cultura; cuestionamiento en la medida en que somete los múltiples aportes del quehacer de la inteligencia al escrutinio riguroso de la crítica y la asimilación del saber para ampliar, mediante la investigación y la creación, sus fronteras. La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, funda su existencia en la labor que despliega en ejercicio de la investigación, la docencia y la extensión. Igualmente, con la proyección hacia la comunidad como resultado de la acción y reflexión universitarias, para ejercer el liderazgo que dinamice el conjunto social y tienda al logro de una sociedad más justa y equitativa.

En su condición de ente universitario autónomo, y en atención a su razón de ser, tiene la responsabilidad de garantizar y consolidar las libertades de investigación, cátedra, aprendizaje, expresión y asociación. Igualmente debe fomentar y consolidar la investigación y la extensión con la prestación de servicios a la sociedad para orientar su desarrollo en lo cultural, científico, tecnológico, educativo y artístico.

En ese sentido, la Misión de la UDFJC es:

La democratización del conocimiento para garantizar, a nombre de la sociedad y con participación del Estado, el derecho social a una educación superior con criterios de excelencia, equidad y competitividad mediante la generación y difusión de saberes y conocimientos, con autonomía y vocación hacia el desarrollo sociocultural y contribuir al progreso de la ciudad-región de Bogotá D.C. y el país ([https://rita.udistrital.edu.co/images/pdf/plan\\_desarrollo.pdf](https://rita.udistrital.edu.co/images/pdf/plan_desarrollo.pdf) ).

Y la Visión:

La Universidad Distrital, en su condición de Universidad autónoma y estatal del Distrito Capital, será reconocida nacional e internacionalmente por su excelencia en la construcción de saberes, conocimientos e investigación de alto impacto para la solución de los problemas del desarrollo humano y transformación sociocultural, mediante el fortalecimiento y la articulación dinámica, propositiva y

pertinente de sus funciones universitarias en el marco de una gestión participativa, transparente y competitiva ([https://rita.udistrital.edu.co/images/pdf/plan\\_desarrollo.pdf](https://rita.udistrital.edu.co/images/pdf/plan_desarrollo.pdf) ).

Actualmente la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cuenta con una población estudiantil aproximada de 28000 estudiantes distribuida en cinco facultades: Tecnológica, Ingeniería, Ciencias y Educación, Medio Ambiente y Recursos naturales y Artes-ASAB. La Universidad Distrital, consciente de la creciente demanda de Educación Superior en la capital, la Región y el país, así como de las limitaciones en su presupuesto, infraestructura y recurso humano, ha reconocido la necesidad de incrementar el número de estudiantes y racionalizar la oferta académica, utilizando estrategias diversas de formación y transferencia del conocimiento, frente a lo cual tiene un compromiso con la política distrital de aumento de la cobertura.

### **3.2 Proyección social de la Facultad Tecnológica de la UDFJC**

La Facultad Tecnológica se crea mediante Acuerdo N° 05 del 1994, “Por el cual se crea la unidad académica y administrativa Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas”, y el Acuerdo N° 010 “Por el cual se modifica el Artículo 2° del Acuerdo 005 de 22 de junio de 1994 del Consejo Superior Universitario”. La cual se encuentra ubicada en el sector de Ciudad Bolívar; desde esta facultad, la universidad busca responder rápida y directamente a las necesidades de los sectores más vulnerables de la ciudad. Por consiguiente, los estudiantes tienen la posibilidad de formarse como profesionales de alto impacto social. Constituyéndose en un acto de reconocimiento a la Educación Tecnológica como viabilizadora en la solución de algunos de los siguientes aspectos:

- Proporcionar alternativas de educación superior a un amplio número de personas que difícilmente tienen acceso a ella.
- Generar nuevas opciones de cualificación para el ingreso al mercado laboral calificado, dirigidas especialmente a los jóvenes de las localidades del sur de la ciudad interesados en aumentar sus posibilidades de ascenso social
- Solventar la insuficiencia nacional de tecnólogos calificados aptos para incorporarse al sector productivo y satisfacer sus necesidades de formación para el trabajo
- Necesidad de aumentar la participación en la oferta de cupos de educación superior por parte del sector oficial, la cual hoy se encuentra dominada por el sector privado
- Respuesta a las limitaciones en el desarrollo de una cultura tecnológica propia
- Falta de estímulos para que los jóvenes residentes de la periferia sur de Bogotá terminen exitosamente sus estudios secundarios y continúen su proceso educativo a un nivel superior
- Necesidad de disminuir los niveles actuales de rotación de la mano de obra causados por el ingreso al mercado de trabajo de jóvenes con niveles de calificación poco acordes con las necesidades actuales y cambiantes de la industria
- Insatisfacción del sector industrial que requiere creatividad e innovación permanente en relación con los perfiles profesionales actuales.

La Facultad Tecnológica orienta la educación tecnológica para que contribuya a la potenciación de la capacidad de investigación y desarrollo, en la respectiva área del conocimiento, de tal manera que

este tipo de educación pueda contribuir eficaz y creativamente a la modernización y competitividad internacional del sistema productivo nacional, en el contexto de la internacionalización de las relaciones económicas. Así establece que el objetivo primordial de esta educación debe ser la generación de una capacidad endógena, que permita tanto la creación de nuevas tecnologías como la adaptación y adecuación de las existentes a condiciones, particularidades y necesidades propias y específicas, para las cuales no existen soluciones tecnológicas universales ni estandarizadas. Así La Facultad Tecnológica justifica su existencia por ser un espacio académico y social que posibilita la formación de personas con competencia para la apropiación, adaptación y gestión del conocimiento científico, técnico y los productos de la tecnología, con la intención de impactar positivamente la economía, administración y desarrollo de la organización social del Distrito Capital y la nación.

Así mismo la visión de la Facultad Tecnológica pretende constituirse en un referente obligado académico social a nivel nacional e internacional en lo que respecta a la gestión del conocimiento científico – técnico y al desarrollo tecnológico, económico y social, a partir de la formación de tecnólogos e ingenieros formados por ciclos propedéuticos.

En este sentido son tres los motivos por los cuales la Universidad Distrital en cabeza de la Facultad Tecnológica optó por este modelo de formación:

- Innovar en la formación tradicional del ingeniero colombiano, comúnmente considerada como excesivamente teórica y no conducente a la creatividad.
- La formación de tecnólogos en áreas de las ciencias aplicadas, ingenierías, deberá impulsar la capacidad nacional de investigación aplicada y de experimentación bases de desarrollo tecnológico.
- Brindar una alternativa al alto número de estudiantes de ingenierías que deben abandonar sus estudios por razones económicas o académicas, o por insatisfacción con la formación tradicional de ingenieros.

La Facultad Tecnológica concibe que es más equitativo socialmente brindar oportunidades de acceso a la educación superior que permitan en un menor tiempo y con una alta calidad académica ofrecer salidas al campo ocupacional. **Es socialmente más equitativo ofrecer una gran diversidad de oportunidades educativas, que ofrecer un único tipo de educación. La organización curricular por ciclos puede representar una significativa innovación en la formación tradicional del ingeniero colombiano.** Con lo anterior se garantizaría la formación de un profesional altamente competitivo en el campo profesional y con un fuerte componente de conciencia de la realidad económica y social que vive el ámbito productivo del país al incorporarse con los entornos comunitarios y sociales, al identificar problemas y plantear soluciones.

### **3.3 Proyección social del programa de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica.**

El programa de Ingeniería en Control y Automatización se preocupa por tener fuertes componentes académicos, pero también de impacto industrial que le permiten al estudiante desenvolverse en contextos académico investigadores o en contextos industriales como diseñador e implementador de sistemas de Automatización industriales.



## **Misión**

El programa de Ingeniería en Control y Automatización en concordancia con la misión de la Universidad, establece:

El programa de Ingeniería en Control y Automatización en concordancia con la misión de la Universidad, establece: 49 La democratización del conocimiento en el campo de la electrónica, la automatización, la instrumentación y el control para garantizar, a nombre de la sociedad y con participación del Estado, el derecho social a una educación superior; con criterios de excelencia, equidad y competitividad mediante la generación y difusión de saberes y conocimientos tecnológicos, con autonomía y vocación hacia el desarrollo sociocultural y así contribuir al progreso de Bogotá ciudad-región con la formación de profesionales altamente calificados, con capacidad para aportar a la sociedad colombiana y al sector productivo, soluciones tecnológicas de alta complejidad, que aplicadas generen procesos de modernización pertinentes, eficaces y viables, capaces de adaptar, apropiar, transferir e innovar tecnología, especialmente en el campo de su formación.

## **Visión**

El programa de Ingeniería en Control y Automatización de la facultad tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, será reconocido regional, nacional e internacionalmente por su excelencia en la construcción de saberes, conocimientos e investigación de alto impacto para la solución de los problemas en el campo de la electrónica, el control, la automatización y la instrumentación, caracterizado por el aporte al sector productivo, económico y social de la sociedad colombiana y de Bogotá ciudad-región.

## **Objetivos**

- Propiciar la formación integral de Tecnólogos, e Ingenieros en Control y Automatización comprometidos con la realidad de su entorno socioeconómico y con alta capacidad de innovación y creatividad.
- Desarrollar en el futuro profesional una visión crítica de los cambios tecnológicos que se generan en el ámbito mundial, de tal forma que pueda apropiar aquellos que representen un aporte al desarrollo regional y nacional.
- Motivar en el futuro profesional el desarrollo de capacidades de interacción con sus semejantes, bajo los principios de tolerancia y respeto, siempre con un enfoque de trabajo multidisciplinario.
- Generar un ambiente de investigación y de búsqueda permanente del conocimiento.
- Propiciar la formación de profesionales con capacidad para formar y dirigir sus propias empresas.
- Mantener en forma permanente vínculos Universidad-Empresa que fomenten el desarrollo tecnológico en los campos del saber de la Tecnología en Electrónica e Ingeniería en Control.

## **Respecto al programa de tecnología en electrónica:**

**Misión:** Formación de profesionales íntegros, críticos, idóneos y altamente calificados que aporten a la sociedad colombiana y al sector productivo soluciones tecnológicas de alta complejidad, que aplicadas genere procesos de modernización, pertinentes y eficaces.

**Visión:** El Proyecto Curricular de Tecnología en Electrónica deberá consolidarse como un programa académico de reconocimiento local, nacional e internacional, caracterizado por el aporte al sector productivo, económico y social, de profesionales con capacidad de generar tecnologías endógenas contribuyan al desarrollo endógeno de la sociedad colombiana.

**Objetivos:**

- Desarrollar en los Tecnólogos en Electrónica una serie de habilidades y/o conocimientos teóricos y prácticos suficientes para el análisis, diseño, desarrollo, implementación, apropiación y adaptación de soluciones tecnológicas a la sociedad.
- Desarrollar proyectos de solución tecnológica al Sector Productivo (y en especial a las PYME's) y a la comunidad en general, que propendan por la apropiación y asimilación de las tecnologías pertinentes en la búsqueda de la optimización de sus recursos.
- Promover la realización de convenios académicos y tecnológicos interinstitucionales tanto Nacional como internacional.
- Fomentar el auto aprendizaje, el uso intenso de herramientas computacionales, el trabajo en equipo y la capacidad de comunicación oral y escrita como desarrollo integral

**3.4 Perfil de ingreso al Proyecto curricular.**

**El perfil de ingreso al proyecto Curricular de Tecnología en Electrónica es:**

- Bachiller
- Aptitud para el aprendizaje de la matemática y la física.
- Pensamiento lógico.
- Interés por la tecnología, electrónica e informática.
- Capacidad para el autoaprendizaje.
- Interés por el trabajo experimental.

Dispuesto a desarrollar:

- Habilidades lecto-escritoras
- Aptitud por la investigación.
- Trabajo autónomo
- Pensamiento crítico

**El perfil de ingreso al proyecto curricular de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos es:**

- Tecnólogo en Electrónica o un área afín
- Fundamentos y capacidades para aplicar las Ciencias Básicas
- Conocimientos de inglés (segunda lengua)
- Habilidades en al área de programación y de sistemas
- Habilidades lecto-escritoras
- Pensamiento sistémico

- Habilidad para autoaprendizaje
- Habilidad para comunicarse e interactuar con otras personas.
- Respeto y defensa del medio ambiente
- Capacidades en investigación formativa.
- Interés para el control automatización e instrumentación electrónica

Dispuesto a:

- Profundizar en el desarrollo de las habilidades de investigación y/o relación con el sector externo
- El aprendizaje basado en proyectos
- Liderazgo y trabajo en equipo

### **3.5 Perfil del egresado del proyecto curricular.**

#### **Perfil Académico Ingeniero en Control y automatización**

La orientación académica del proyecto curricular de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos pretende desarrollar en el futuro profesional, una capacidad analítica y crítica del medio de manera que pueda comprender de una manera integral la realidad de su entorno y pueda dar soluciones a problemas existentes. Dentro de su formación se hace énfasis en automatización, control e instrumentación, control de proceso, con un alto sentido crítico y una base científica que le permite desenvolverse como ingeniero en una era digital

#### **Perfil Profesional del Ingeniero en Control y Automatización**

El Ingeniero en Control y Automatización, posee una formación integral y una visión de conjunto, es un profesional con una sólida fundamentación teórico-práctica que está en capacidad de administrar, dirigir, diseñar, intervenir y hacer reingeniería a procesos tecnológicos del sector de Control, acompañado de un gran sentido de responsabilidad social y ambiental. Las labores en las que el profesional puede desempeñarse corresponden a:

- Plantear y dirigir proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico con equipos multidisciplinarios.
- Administrar y /o generar empresas o dependencias de base tecnológica.
- Diseñar, desarrollar e implementar sistemas enfocados a soluciones en Automatización Industrial
- Integrar todos los niveles de un sistema de Control para su conectividad con los sistemas de gestión empresarial.
- Diseñar, especificar y/o documentar sistemas de Control basados en recomendaciones y estándares de orden Nacional e Internacional.
- Implementar procesos de seguridad de la información para maximizar la confiabilidad de una red de datos.

- Diseñar, desarrollar e implementar sistemas de comunicaciones y redes con criterios de interoperabilidad, escalabilidad y compatibilidad.
- Identificar alternativas de solución a problemas de redes y comunicaciones.
- Evaluar, adquirir, asimilar y transferir tecnologías duras y blandas relacionadas con las Control.
- Prestar asesoría, consultaría y asistencia técnica en el desarrollo de proyectos de Control.
- Realizar diagnósticos de sistemas de Control y plantear soluciones ingenieriles para su robustecimiento.
- Ejecutar procesos licitatorios y de contratación con entidades del sector público y privado.

### **Perfil Ocupacional del Ingeniero en Control y Automatización**

El Ingeniero en Control podrá desempeñarse en el campo profesional realizando las siguientes actividades en el sector público y/o privado:

- Administrador y/o proponente de proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico
- Administrador y/o creador de empresas o dependencias de base tecnológica.
- Diseñador, desarrollador y fabricante de sistemas electrónicos enfocados a soluciones en automatización, instrumentación y control.
- Integrador de todos los niveles de automatización.
- Modelador de procesos industriales orientados a la aplicación de estrategias de automatización y control.
- Director y ejecutor de procesos industriales basados en estrategias de control, instrumentación y automatización.
- Diseñador de sistemas de instrumentación basados en estándares de orden Nacional e Internacional.
- Diseñador, desarrollador y fabricante de sistemas de comunicaciones industriales.

### **Perfil Académico del Tecnólogo en Electrónica**

El Tecnólogo en Electrónica hace parte de la oferta educativa de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, es un profesional con formación integral y una sólida fundamentación teórico – práctica, que le permite plantear soluciones creativas a problemas y desafíos tecnológicos, donde exprese su actitud para la construcción de conocimiento en forma ética y pensada para adquirir compromisos individuales y colectivos.

### **Perfil Profesional del Tecnólogo en Electrónica**

El tecnólogo en Electrónica estará en la capacidad de:

- Diseñar y Desarrollar aplicaciones que involucren sistemas electrónicos.
- Participar en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Hacer mantenimiento preventivo y correctivo a equipo electrónico de la industria.
- Adaptar e implementar tecnologías mediante el desarrollo de aplicaciones que den solución a problemas concretos

- Participar en equipos de trabajo interdisciplinarios para proponer proyectos de base tecnológica generadores de ventajas competitivas para las organizaciones.

### **Perfil Ocupacional del Tecnólogo en Electrónica**

El tecnólogo en Electrónica podrá desempeñarse como:

- Desarrollador de sistemas en aplicaciones electrónicas y de software.
- Integrante de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Integrante del departamento de mantenimiento.
- Asistente de servicios de ingeniería.
- Personal de planta externa.
- Asesor comercial en tecnología

### **3.6 Referentes a nivel nacional e internacional**

Respecto al campo de formación, a continuación, se describen las características de algunos de los programas de ingeniería en Control y Automatización, en el contexto nacional e internacional, así como programas en Tecnología en Electrónica.

#### **3.6.1 Referentes en Norteamérica, Europa y Australia**

Con el fin de analizar la pertinencia y afinidad del programa frente a referentes internacionales, se realizó un estudio sobre los programas con alta afinidad en cuanto al tipo de programa y su currículo en regiones de alto desarrollo industrial como Norteamérica, Europa y Australia, encontrando que tanto en el campo disciplinar de la automatización y control, como en la afinidad de la denominación, se ofertan una gran cantidad de programas como se pueden confirmar en los siguientes ejemplos:

***Istanbul Technical University de Turquía*** ofrece el programa *Control and Automation Engineering*. Es un programa de pregrado de 8 semestres que aborda una formación profesional en el campo de la automatización, control, instrumentación, robótica y redes de aplicación industrial cuyos fundamentos son la formación ingenieril en electricidad, electrónica y mecánica.

***Indiana University State*** de Estados Unidos ofrece el programa *Automation and Control Engineering Technology (B.S.)* correspondiente a una formación de pregrado en ingeniería de 8 semestres cuyas áreas generales de formación son:

- Tecnología en Electrónica y de computación, incluyendo PLC's y controles robóticos
- Tecnología de manufactura, incluyendo sistemas de control numérico, procesos y materiales.
- Tecnología - Ingeniería mecánica incluyendo CAD, mecánica de fluidos y modelamiento de sólidos
- Ciencias básicas incluyendo física, matemáticas y ciencias de la computación

***Oregon Tech de Estados Unidos*** ofrece el programa *Automation, Robotics and Control Engineering* el cual aborda la formación en el diseño, modelamiento, análisis y control de procesos o sistemas automatizados. Es un programa de ingeniería de 8 semestres con las siguientes áreas de formación:

- Diseño de sistemas industriales de automatización, redes y manejo de datos
- Componentes de control de movimiento, incluyendo fuentes de alimentación, controladores, instrumentación, robótica cinemática y servo controles
- Diseño de sistemas de control de procesos continuo y por lotes (batch)
- Sistemas en el dominio continuo, modelamiento de sistemas, análisis de respuesta y análisis de estabilidad de los sistemas

**Liverpool John Moores University de Inglaterra** ofrece el programa *BEng Control and Automation Engineering*, el cual es un programa de ingeniería de 8 semestres que aborda la formación en sistemas de control, automatización, instrumentación con base en sólidos fundamentos de electrónica analógica y digital, computación, modelamiento de sistemas, sistemas embebidos, mecánica, electricidad y sistemas de potencia.

**Purdue University de Francia** ofrece el programa *Automation and Systems Integration Engineering Technology*, el cual es un programa de ingeniería de 8 semestres que forma en análisis y diseño de sistemas de automatización y control, instrumentación, sistemas de manufactura, potencia de fluidos, robótica y sistemas continuos desde la fundamentación en electrónica, eléctrica, mecánica y física.

**Engineering Insitute of Technology de Australia** ofrece el programa *Bachelor of Science – Industrial Automation Engineering* en el campo de Control e Instrumentación. Este programa tiene una duración de 3 años de tiempo completo, y cubre áreas como Ciencias básicas, Fundamentos de electrónica, mecánica y química, Instrumentación y control de procesos; diseño, planeamiento y gestión de proyectos de automatización, comunicaciones industriales y sistemas de supervisión.

**University of Lincoln de Inglaterra** ofrece el programa *Automation Engineering* de 3 años tiempo completo y hasta 6 años tiempo parcial. El programa comprende áreas como: ciencias básicas, fundamentos de tecnología eléctrica y electrónica, robótica, computación para ingenieros, dibujo técnico y CAD, termofluidos avanzados, electrónica análoga y digital, sistemas de control, diseño de ingeniería, potencia eléctrica y máquinas, mecatrónica, sistemas de automatización industrial, sistemas de energía y conversión, procesamiento de señales y sistemas de control espacio-estado.

**Edith Cowan University de Australia** ofrece el programa *Bachelor of Engineering – Instrumentation, Control and Automation* de 4 años. Este programa forma en áreas como: algoritmos de control de procesos, interfaces de computación y comunicaciones industriales, automatización, sistemas SCADA, control de sistemas y procesos

Asimismo se encontró que la Sociedad Internacional de Automatización ISA, que es la organización gremial más grande en el mundo en el campo de la automatización, la instrumentación y el control con más de 30.000 entidades miembro asociadas, reconoce la formación y titulación en Ingeniería de Automatización y Control como lo menciona en su página oficial ISA Interchange (<https://automation.isa.org/>).

### 3.6.2 Referentes nacionales y latinoamericanos

Así mismo se realizó un estudio sobre la afinidad y pertinencia de la denominación y el currículo en nuestro contexto cercano, Concretamente en el contexto latinoamericano y nacional de programas de ingeniería cuyas líneas disciplinares se encuentren en el campo de la automatización, el control y la

instrumentación. A nivel internacional y principalmente en Latinoamérica, la formación en el campo del Control y Automatización e Instrumentación, han generado la formación de ingenieros que soportan nuevas tecnologías aplicadas a las necesidades concretas de la región específica en donde se desarrolla el programa, así si las necesidades productivas se orientan a la minería, a la extracción petrolera o al desarrollo de clúster industriales, la orientación de los ingenieros formados en estos campos del conocimiento tendrán esta formación específica y una clara formación en estos contextos productivos, principales características de los programas mexicanos y chilenos. A continuación, se realiza una síntesis de los principales programas en América Latina y Colombia, que en su denominación son afines a la Ingeniería en Control y Automatización.

#### **Programas de ingeniería en el contexto colombiano con la denominación en control y automatización:**

##### **Ingeniería de Control de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín**

Este programa busca formar ingenieros para proyectar, diseñar, construir, programar, ensamblar y operar controles y sistemas automatizados en la industria, con procesos continuos y discretos; para innovar en tecnologías existentes, participando en la transferencia de tecnologías emergentes y actuando como agente en la apropiación de las mismas. Con fortalezas en el trabajo en equipos multidisciplinarios. El componente básico común de la ingeniería se encuentra en la ingeniería eléctrica e ingeniería de control, en áreas específicas de modelamiento e identificación de sistemas dinámicos, control y automatización industrial, instrumentación y telecomunicaciones y proyectos de Ingeniería de Control. Redes Teleinformáticas.

##### **Ingeniería en instrumentación y control del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Medellín**

El profesional de Ingeniería en Instrumentación y Control del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid está en capacidad de gestar su propia empresa, dirigir proyectos de investigación en el campo tecnológico, medir y controlar las variables físicas que intervienen en los procesos industriales e incursionar en las áreas de robótica, inteligencia artificial, sistemas expertos, redes neuronales y técnicas de control robusto, predictivo y adaptivo. Profesional con una clara formación integral, para elaborar, administrar y asesorar proyectos y montajes de automatización de procesos industriales; resolver problemas de automatización y optimizar los sistemas existentes; proponer el desarrollo de nuevas técnicas de control; desarrollar e implementar algoritmos de control utilizando lenguajes de alto y bajo nivel; desarrollar proyectos de investigación en el campo de la medición y el control; utilizar técnicas de inteligencia artificial y robótica en la automatización de procesos de producción y servicios.

##### **Ingeniería en control y automatización industrial de la universidad Antonio Nariño sede Bogotá**

El área de conocimiento está estrechamente ligado a la automatización, la informática, los procesos industriales de producción y la electrónica. El campo de desempeño laboral se orienta hacia producción de bienes o transformación de materias primas y de generación de energía, que empleen procesos industriales o agroindustriales en: industria petroquímica, farmacéutica, textilera, metalmeccánica, plásticos, construcción, transporte, marroquinería, alimentos y bebidas. Con una clara formación en gerencia de proyectos de Ingeniería en innovación y transferencia de tecnologías de automatización en diferentes sectores de la industria nacional.

#### **Programas de ingeniería en el contexto colombiano con la denominación en automatización:**

### **Ingeniería en automatización de la Universidad de la Salle sede Bogotá**

El ingeniero bajo esta denominación de la universidad de la Salle, se forma en áreas como: Robótica, control numérico computarizado (CNC), control de movimiento, neumática, inteligencia artificial, sistemas de control distribuido, control de procesos, tecnologías de información y comunicación, sistema de ejecución de manufactura e integración empresarial. Las competencias de formación se orientan hacia la planeación y gestión de tecnologías de automatización en las empresas; Formulación de propuestas de mejoramiento de la productividad empresarial, a partir del diseño de automatismos y de sistemas automatizados de producción.

### **Ingeniería en automatización de la Universidad Jorge Tadeo Lozano sede Bogotá**

Formación al ámbito industrial y de las aplicaciones en robótica, centrada en diseño de los dispositivos mecánicos, por lo tanto, la ingeniería en automatización se apoya fuertemente en áreas interdisciplinarias con bases en el diseño industrial, estudio de diseño de mecanismos, la electrónica, electricidad y modelado a través de software especializado.

### **Ingeniería en automática industrial de la Universidad del Cauca Popayán**

El programa pretende del ingeniero un perfil ocupacional para el desempeño como jefe o ingeniero de planta, gestor de proyectos de sistematización industrial, ingeniero de diseño de procesos productivos automáticos, asesor en informatización y automatización de empresas productivas, implementador de sistemas de control automático, adaptador tecnológico en el campo de la automatización, evaluador tecnológico e interventor de proyectos en el ámbito, asesor de gerencia y administración en asuntos tecnológico. En su formación se relacionan áreas como la ingeniería de máquinas, la ingeniería de producción, la ingeniería de control automático y la teoría administrativa.

### **Programas de ingeniería en el contexto latinoamericano con la denominación en control y automatización:**

#### **Ingeniería en control y automatización escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica instituto politécnico nacional (Zacatenco-México)**

El componente básico común de esta ingeniería esta soportada en las ingenierías mecánica y eléctrica, en donde el perfil profesional se orienta hacia proyección, el diseño, la innovación, la dirección mantenimiento e investigación de equipos, dispositivos y sistemas de control, tomando en cuenta la calidad de los procesos de trabajo, el uso eficiente de la energía y los recursos naturales, los sistemas de información y el impacto ambiental con una visión integral del desarrollo social, económico e industrial del país.

#### **Ingeniería en automatización y control industrial universidad tecnológica de chile (Santiago de Chile)**

Ingeniería que se imparte en 14 ciudades chilenas y cuyo propósito es capacitar para diseñar, implementar, aplicar tecnología, operar, y planificar proyectos de automatización en diferentes empresas, con el propósito de innovar y verificar los cambios de equipamiento y su actualización, en el ámbito de la mantención, administración, instrumentación y control industrial. Además, coordinar actividades con otras áreas, proponer soluciones a procesos productivos y aplicar normas de protección del medio ambiente, de acuerdo a los principios de liderazgo, resolución de problemas,



pensamiento creativo, trabajo en equipo, uso de las TIC y ética, tanto en empresas del sector productivo como de servicios.

### **Ingeniería en Automatización y Control Industrial de la Universidad de Quilmes (Buenos Aires - Argentina).**

Forma ingenieros en automatización y control capaces de implementar y desarrollar tales tecnologías al servicio de la humanidad. Priorizar la formación de una conciencia social que ubique al hombre en una posición de preservación de la naturaleza y su entorno. Promover capacidad para planificar, diseñar e integrar tecnologías, saberes y recursos naturales; Incentivar la investigación, el desarrollo y la permanente actualización tecnológica. Capacita a los ingenieros para proyectar, dirigir y ejecutar obras industriales de automatización incluyendo la evaluación del proyecto, análisis de factibilidad tecnológica y manejo de recursos humanos.

### **Ingeniería en Electrónica automatización y Control de la Escuela Politécnica Nacional (Quito - Ecuador).**

El Ingeniero en Electrónica y Control resuelve problemas relacionados con la ingeniería electrónica con iniciativa, aplicando sólidos conocimientos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentales produciendo soluciones acordes al desarrollo tecnológico. Gestiona proyectos experimentales en el ámbito de la electrónica con responsabilidad, de acuerdo a estándares de procedimientos internacionales.

### **Ingeniería de Control y Automatización Industrial de la Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis – Brasil).**

Este programa forma profesionales con una visión interdisciplinar y con una capacidad de adaptación de nuevas tecnologías, para el desarrollo de actividades de automatización de procesos para obtener una mejor participación de la industria brasileña en el mercado nacional e internacional. Este profesional se puede desempeñar en áreas de Control de procesos, automatización de procesos de manufactura y de informática industrial, desarrollando proyectos de investigación, ejecutando propuestas de desarrollo o planificando mantenimiento de unidades productivas automatizadas.

### **Programas de ingeniería en el contexto latinoamericano afines a automatización:**

#### **Ingeniería en automatización universidad autónoma de Querétaro (Querétaro – México)**

Se considera como una formación por ciclos cuyo primer ciclo forma en automatización que se profundiza en un segundo ciclo en cuatro líneas de formación: línea terminal en Electrónica, línea terminal en instrumentación y control de procesos, línea terminal en mecatrónica, línea terminal en sistemas industriales.

#### **Ingeniería en automatización y robótica universidad Andrés Bello (Santiago de Chile)**

El egresado de este programa está en capacidad de aplicar en forma metódica, integrada y contextualizada, los conocimientos de las Ciencias y la Tecnología para la gestión, administración, diseño, instrumentación, mantención, optimización, supervisión y explotación de sistemas de automatización y sistemas de control de procesos industriales.

#### **Ingeniería civil en automatización universidad del Bío Bío (Concepción – Chile)**

El egresado será un profesional con una sólida formación en ciencias básicas, ciencias de ingeniería, gestión y conocimientos del ámbito científico y tecnológico, lo que le permitirá diseñar, desarrollar y evaluar proyectos, considerando puesta en marcha y administración; además de utilizar tecnologías de automatización vigentes para la optimización de procesos y desarrollar capacidad de emprendimiento en el ámbito de la automatización, tanto a nivel industrial como doméstico; y participar en actividades de investigación que permitirán proponer y evaluar soluciones con tecnología de punta y al más alto nivel.

### **Ingeniería en electrónica y automatización Universidad Politécnica Salesiana (Guayaquil - Ecuador)**

Formación desde la electrónica orientada hacia la ingeniería biomédica, para el diseño de aplicaciones biomédicas que permiten mejorar la calidad de vida del país, optimizando los recursos en la construcción de equipos biomédicos.

### **Referentes nacionales del programa de Tecnología en Electrónica.**

Respecto al programa de Tecnología en Electrónica primer ciclo de la ingeniería en control y automatización, los programas vigentes en Colombia con la denominación Tecnología en Electrónica (4), Tecnología en Electrónica (1), Tecnología en Electrónica Industrial (4), suman 10 incluido el de la universidad Distrital. En general presentan similitudes, en las áreas de formación (Ciencias básicas, electrónica, electrónica industrial, circuitos, comunicaciones, software aplicado, microcontroladores, administrativas, ciencias sociales), y en el número de semestres (6 semestres con dos excepciones un programa con 5 semestres y otro con 7); planes de estudios más orientados a la parte práctica (Unidades tecnológicas de Santander, Institución universitaria Colombo germana), otras con mayor fundamentación en las ciencias básicas, todo en dependencia del número de créditos de cada programa, que en general están en un rango de 81-108 créditos, con la excepción del programa de la Institución Universitaria Antonio José Camacho quien tiene un plan de estudios de 60 créditos. En donde se nota una ligera variación es en los perfiles profesionales. A continuación, se realiza una síntesis de los principales programas en Colombia.

### **Tecnología en Electrónica de la Universidad del Valle. Cali -Valle**

Este programa se ofrece en Cali y 7 municipios más (Palmira, Yumbo, Zarzal, Tuluá, Buenaventura, Cartago, Buga) con registros vigentes del 2012, 2014, 2016, por 6 y 7 años respectivamente, con una tradición de más de 30 años de ofrecerse en la región. Forma en tres áreas: Asignaturas en las ciencias básicas y las disciplinas; asignaturas tecnológicas, ligadas a la especificidad del tecnólogo en electrónica; asignaturas electivas complementarias orientada al desarrollo social e integral del tecnólogo y finalmente, asignaturas electivas tecnológicas, aquellas que permiten profundizar en una determinada área o campo de la profesión. El perfil profesional gira en torno al desempeño en labores de mantenimiento y ensamble y para participar en el diseño y/o rediseño (como parte integral de un grupo multidisciplinario) de productos de consumo en general y especialmente en equipos y sistemas electrónicos asociados a las áreas: sistemas automáticos de control, redes de computadores, computadores y sistemas digitales, sistemas de comunicación, instrumentación electrónica e industrial y electrónica de potencia.

### **Tecnología en Electrónica de la Universidad de Caldas. Manizales - Caldas**

Este programa se ofrece en Manizales, Pereira, Salamina, La Dorada, Riosucio Pereira, con registro vigente del 2013 por 7 años. Tiene como objetivo la formación de profesionales que, desde esta área, puedan responder a las necesidades técnicas modernas que se presentan en el medio empresarial e industrial. Además, que plantee maneras innovadoras para generar soluciones alrededor de desarrollos en automatización de procesos, redes y comunicaciones empresariales y los sistemas microcontrolados.

#### **Tecnología en Electrónica de la Universidad Uniminuto. Bogotá D.C.**

Con registro Calificado del 31 de enero de 2017 (por 4 años), la tecnología en electrónica de UNIMINUTO ofrece a sus estudiantes la capacidad de participar en la instalación, puesta en marcha, y posterior optimización y mantenimiento de sistemas electrónicos aplicados a la automatización industrial o el hardware de redes de computadores, empleando y profundizando su formación en áreas como instrumentación industrial, análisis de lazos de control en procesos básicos de la industria, PLCs, drives para máquinas y microcontroladores o estructuración de redes LAN, WAN o redes inalámbricas, actualizándose permanentemente en avances y mejoras en los diferentes niveles de su área de profundización.

#### **Tecnología en Electrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo Medellín - Antioquia**

Con registro calificado de noviembre 24 2015 (por 6 años), el Pascual Bravo de Medellín busca formar profesionales con amplios conocimientos técnicos, tecnológicos e investigativos, con capacidad de invención y con un gran sentido de responsabilidad social y ambiental que responda a las necesidades del sector productivo y social. Tres son los objetivos de formación del programa: montaje y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones y control industrial, modernización de sistemas de telecomunicaciones y control industrial, desarrollo de dispositivos electrónicos y automáticos para dar soluciones a necesidades de su entorno.

#### **Tecnología en Electrónica de la Universidad de Sucre Sincelejo - Sucre**

Con registro Calificado de Julio 08 2013 (por 7 años), la universidad de Sucre forma un tecnólogo electrónico, cuyo perfil ocupacional se orienta a la operación y mantenimiento de sistemas electrónicos, mantenimiento de computadores y redes, mantenimiento de equipos de comunicación, manejo de instrumentación electrónica, sistemas energéticos, equipos de electro medicina, empresas de servicios electrónicos, electrónica industrial. Buscando un profesional creativo, con capacidad de adaptación al trabajo individual y en equipo, capaz de identificar los elementos que permitan analizar el funcionamiento, las técnicas de los sistemas de medición, procesamiento, control de las señales electrónicas, así como de operar y mantener los equipos de transmisión, computación, energía y redes informáticas.

#### **Tecnología en Electrónica industrial de Corposucre Sincelejo - Sucre**

La institución define como perfil del egresado del programa de tecnología en electrónica industrial conocimientos para instalar equipos electrónicos de uso industrial, de automatización, instrumentación y control, además está capacitado para construir y ejecutar planes de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para equipos industriales, para identificar problemas relacionados con el diseño electrónico y la adaptación de tecnologías para dar solución a los problemas del sector industrial. Obtuvo el registro calificado por 7 años en el año 2013.

### **Tecnología en Electrónica industrial de las Unidades Tecnológicas de Santander Bucaramanga - Santander**

Este programa se ofrece en Bucaramanga, Vélez y San Gil, con registros calificados de 2013 y 2015 vigentes por 7 años respectivamente. La institución perfila un profesional capacitado para: ejecutar actividades relacionadas con el manejo de los componentes electrónicos presentes en los sistemas de Telecomunicaciones con base en las normas que rigen el funcionamiento de estos sistemas; implementar sistemas de control electrónico en los procesos de producción en las organizaciones utilizando herramientas propias de la electrónica básica, digital e industrial; desarrollar aplicaciones de software en bajo y alto nivel que permitan la implementación de acciones de control fundamentados en el uso del microcontroladores y microprocesadores; aplicar la instrumentación en los diversos sistemas electrónicos o parte de sistemas integrados en equipos de otra naturaleza tecnológica (eléctricos, magnéticos, biológicos, térmicos, ópticos, etc.) en concordancia con las variables sujetas a medición; desarrollar actividades de mantenimiento básico preventivo y correctivo en equipos electrónicos de acuerdo con especificaciones técnicas.

### **Tecnología en Electrónica Industrial de la Institución Universitaria Antonio José Camacho Cali - Valle Del Cauca**

El tecnólogo en electrónica industrial egresado de la UNIAJC, estará en la capacidad de analizar, implementar y realizar el mantenimiento a equipos en procesos industriales, brindando soluciones a través del control electrónico y de potencia eléctrica a necesidades específicas del sector industrial y de manufactura, contribuyendo de esta manera al desarrollo tecnológico en la industria. Campos en los que podrá Desempeñarse, jefe del departamento de mantenimiento electrónico, asesor técnico en proyectos de electrónica industrial, Integrador de soluciones de electrónica industrial, desarrollador de proyectos de montaje, operación y mantenimiento de sistemas electrónicos industriales, asesor en soporte para venta de productos electrónicos, programador de equipos electrónicos para software de máquinas en línea, profesional independiente. Obtuvo su registro calificado en 2014 por 7 años.

### **Tecnología en Electrónica Industrial de la Fundación Centro Colombiano de Estudios Profesionales, - F.C.E.C.E.P. Cali Valle Del Cauca.**

Los propósitos de formación, tienen como propósito que el tecnólogo pueda proponer soluciones innovadoras a los problemas técnicos en su área, apropiando eficazmente los cambios tecnológicos, a partir del desarrollo de la habilidad y los conocimientos suficientes para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad, participar activamente en la solución de problemas en el ámbito industrial; automatizar, mejorar los tiempos de respuesta y la fiabilidad de máquinas convencionales en la empresa, manejando señales electrónicas de baja potencia, usadas en funciones de control, automatización, comunicación o informática y para crear y aplicar modelos físico-matemáticos básicos en la solución de problemas propios de la realidad. Obtuvo registro calificado por 7 años en el año 2012

### **Tecnología en Electrónica Industrial de la Fundación Universitaria Colombo Germana Bogotá Bogotá D.C**

El egresado del programa de tecnología en electrónica industrial apoya la implementación de nuevos procesos basados en ciencia, tecnología e innovación en la industria, mediante la solución de problemas en el área del diseño, implantación, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de sistemas electrónicos, desarrolla su creatividad y la pone al servicio de la sociedad, como independiente o como empleado y alcanza sus metas profesionales con un amplio sentido de responsabilidad, compromiso y dedicación. El egresado estará en capacidad de aplicar sus conocimientos al desarrollo de sistemas que incluyan mejoras en los más variados procesos industriales, puede desempeñarse en su actividad profesional prácticamente en todos los sectores de la industria, particularmente en actividades relacionadas con: Diseño, planificación y mantenimiento de redes industriales, robots y sistemas automáticos de producción. Registro calificado de 2016 por 7 años.

### **Referentes internacionales del programa de Tecnología en Electrónica.**

A nivel latinoamericano, las carreras tecnológicas con esa denominación solo se encuentran en Ecuador, generalmente reciben el nombre carreras cortas o carreras técnicas superiores, la comparación se establece con aquellas carreras que, por su duración de tres años o seis semestres, son ofrecidas en los diversos países. A continuación, se relacionan tres programas.

#### **Tecnología Superior en Electrónica del tecnológico Sudamericano Guayaquil - Ecuador**

Se encuentran entre sus áreas de formación, matemáticas básicas, electrónica, máquinas eléctricas, microcontroladores; el programa se ofrece en 6 semestres. Entre sus perfiles encuentra que el egresado debe estar preparado para instalar, mantener o evaluar los sistemas electrónicos tanto digitales como analógicos, administrar microcontroladores y redes de computadoras.

#### **Técnico Superior Universitario en Electrónica del Colegio Universitario DR. Rafael Belloso Chaquín Maracaibo- Venezuela**

Programa que se ofrece en seis (6) semestres, cuyas áreas de formación se orientan hacia las matemáticas, ciencias sociales, circuitos eléctricos, electrónica digital. El egresado de la institución es un profesional integral capacitado para diseñar, fabricar, instalar, operar y mantener dispositivos y sistemas electrónicos, de acuerdo con las nuevas tecnologías adaptándose a las necesidades del sector productivo y de la sociedad. El perfil laboral está direccionado al campo de la energía, petróleo y comunicaciones. Así como, empresas que distribuyan, ensamblan, fabriquen el libre ejercicio profesional, la conformación de microempresas, contribuyendo de esta manera con el desarrollo sustentable de los niveles tecnológicos y condiciones económicas del país y la región.

#### **Técnico Superior en Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires - Argentina**

Formación que dura seis (6) semestres 32 horas a la semana, fundamentada en las siguientes áreas de formación: matemáticas, ciencias básicas, electrónica aplicada, microcontroladores, control industrial, control de procesos, modulación y transmisión de la información.

### **3.7 Situación del campo de conocimiento de la automatización a nivel nacional e internacional.**

Con las nuevas tendencias que demandan cada vez más capacidad de automatizar, la automatización en fábricas y plantas de procesos, con la divulgación de conocimiento en el ámbito industrial, y la llamada automatización de los conocimientos. Se abre una ruta en Colombia direccionada hacia la gestión del conocimiento en automatización pues el desarrollo previsto para los próximos diez años es grande. La globalización del mercado ha hecho que características y funciones de la instrumentación y automatización sean reproducibles lo que ha hecho que muchos países desarrollen productos a muy bajo costo de fabricación. El software también es de fácil reproducción con esto se ha logrado tener clones de productos en automatización que son compatibles con los grandes fabricantes, se puede decir que existe una tendencia a usar productos de bajo precio con buenas prestaciones.

El cambio tecnológico que se está llevando a cabo en la actualidad, que también se ve reflejado en la formación que se pretende del ingeniero del programa en Control, tecnologías como los DCS's, PLC's, SCADA que tuvieron un crecimiento importante han sido desplazadas poco a poco, por la demanda de productos más versátiles, rápidos y con las mismas funciones. En automatización industrial se han venido desarrollando tecnologías que hacen aportes para lo que pueden ser los productos en una nueva generación, algunos de estos son los que se describen a continuación:

**Los sistemas MEMS:** Sistema micro electro maquinados contruidos con técnicas alta integración en semiconductores para realizar motores, piñones, bombas y sistemas físicos.

**Los sistemas embebidos:** que integran soluciones programadas digitalmente en un sistema de procesamiento y manipulación de la información dedicada, que incluye los periféricos y dispositivos que completan y compactan la solución.

**Nanotecnología:** Estos sistemas son el siguiente paso después de los MEMS, hay un sinnúmero de productos desarrollándose como robots, colonias de robots y otros que se aplican en el área de automatización de forma generalizada.

**Enlaces inalámbricos:** El boom de la tecnología inalámbrica se hace cada vez más inminente en área de automatización, hoy se habla de redes de sensores inalámbricos como punta del iceberg en plantas de producción, evitando grandes cantidades de cableado. Se prevé el uso de energía solar para la alimentación y eliminar las baterías que usan estos dispositivos como medida para el ahorro de energía.

**Internet generalizado:** El ancho de banda crece cada día y pronto se tendrá la posibilidad de conectar sensores, elementos de control y en general cualquier dispositivo desaparecería la posibilidad de tener islas de automatización.

**Sistemas complejos adaptables (CAS):** Los sistemas centralizados están cayendo en desuso, y se están imponiendo las redes adaptivas, en ellas la inteligencia esta en los sensores y actuadores. Los PLC's, DCS's tienden a ser reemplazados por sistemas CAS que proporcionan niveles efectivos y sólidos se presume que con este desarrollo las arquitecturas de control determinista desaparecen.

Adicionalmente, con la vertiginosa transformación de la industria a nivel mundial, que en los últimos años se viene configurando como industria 4.0, Smart Factory, IoT, Big Data, las nuevas tendencias que en esta dirección experimentará la automatización industrial, orienta el desarrollo tecnológico en campos como:

**Cloud Automation e internet de las cosas industrial:** procesos de automatización para la conexión de máquinas y soluciones a procesos Cloud (conectividad a la nube), permitiendo la interconectividad y el análisis de gran cantidad de datos (infoPLC, diciembre 2016). El desarrollo de aplicaciones para el internet de las cosas industrial (IIoT, por sus siglas en inglés 'Industrial Internet of Things') pueden proveer seguridad apropiada y disponibilidad de servicios en múltiples plantas e instalaciones. Adicionalmente permite una fusión más estrecha entre el piso de planta y los sistemas empresariales, creando una oportunidad para transformar las operaciones de fabricación (O'brien, 2016). El IIoT ligado al concepto de machine learning, tiene un gran campo de aplicación al monitoreo de condiciones (Condition monitoring) y mantenimiento predictivo, con el fin de corregir el tiempo de inactividad no programado, contribuir al monitoreo remoto, y pronosticar mediante un mantenimiento predictivo futuras averías o ciclos de vida (infoPLC, diciembre 2016).

**Modularización de soluciones de automatización y procesos de producción:** La necesidad de ofrecer líneas de producción flexibles, conlleva a separar, conectar o combinar diferentes módulos de producción para crear productos personalizados y variados en una sola instalación. Este cambio requiere la interconexión de maquinaria industrial y la implementación de software de control inteligente (infoPLC, diciembre 2016). Para Larry O'brien vicepresidente de investigación del grupo ARC Advisory la modularización incluye:

“formas nuevas en el hardware de automatización, como E/S configurables y el concepto de “enlace tardío (late binding)” entre el software y el hardware del sistema de automatización para ayudar a la automatización a salir del camino crítico en proyectos importantes. Con hardware de control y E/S estándar totalmente adaptables, el usuario puede, en teoría, diseñar y probar todos los aspectos del software del sistema antes de que se despliegue en el hardware” (O'brien, 2016, p. 9)

**Robótica colaborativa y robótica móvil:** Uno de los principales retos de la robótica en la industria tiene que ver con gestionar puntos de contacto entre tareas manuales y automatizadas, es en este punto en donde el diseño desarrollo de robots colaborativos se hacen imprescindibles. Así mismo el desarrollo de AGV (Vehículo Guiado Automático) y su integración con los robots industriales marcan una tendencia en la industria europea (infoPLC, diciembre 2016).

**Nuevos enfoques para integrar automatización y las tecnologías eléctricas:** En las plantas de producción, la automatización y los sistemas eléctricos funcionan como islas separadas, por ejemplo las relaciones de los centros de control de motores y los drives. Los operadores de procesos e incluso el personal de mantenimiento tienen una visibilidad limitada acerca de lo que realmente está ocurriendo en sus sistemas eléctricos, o control acerca de la cantidad de energía que sus activos de automatización consumen (O'brien, 2016). El desarrollo de nuevas tecnologías para la integración de estos dos procesos es un reto que debe ser asumido, con el propósito de minimizar los costos en el consumo energético de la planta.

El programa de ingeniería en control y automatización, además de fundamentar al estudiante en el control, la automatización y la instrumentación, desde las líneas de formación del segundo ciclo y en

el campo de investigación con el grupo ROMA aborda y profundiza en instrumentación robótica, direccionada hacia la robótica móvil (AGV – Vehículo Guiado Automático) y los desarrollos en Robótica colaborativa, igualmente, desde la línea de formación de automatización se enfatiza, en el monitoreo de condiciones (Condition monitoring) y Mantenimiento Predictivo, de la mano del machine learning.

### 3.8 Viabilidad del plan de estudios

Históricamente, para Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación (hasta 2005), Ingeniería en Control (hasta 2012), Ingeniería en Control por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica (actualmente), el programa ha mantenido las tres líneas de profundización, AUTOMATIZACION, CONTROL e INSTRUMENTACION, soportadas por los docentes, diferentes espacios académicos (Básicos de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada y Electivas), grupos de investigación y capacidades tecnológicas representadas en laboratorios. Las mismas que soportaran el programa de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica.

Las tres áreas antes mencionadas, están soportadas en los diferentes planes de estudio por tres espacios académicos cada una. Es así como el área de Automatización cuenta con Sistemas de Control, **Electiva Profesional I, Automática I, Automática II y Automática III** en donde se manejan conceptos y conocimientos relacionados con hidráulica, neumática, programación de PLC, comunicaciones industriales, sistemas distribuidos de control DCS por mencionar las más relevantes. En cuanto al área de Control, se han manejado 4 espacios académicos entre los que se listan Sistemas de Control, Dinámica de Sistemas, **Control I, Control II, Control III**. Y el área de Instrumentación que cuenta con los espacios académicos de Sensores y Actuadores, **Instrumentación Industrial, Instrumentación de Procesos I, Instrumentación de Procesos II**.

Lo anterior conduce a que el egresado de Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas posea un amplio y diverso campo de acción de acuerdo con las competencias y fundamentos básicos desarrollados a través de su proceso de formación, lo cual le permite desempeñarse en múltiples actividades en el sector industrial y productivo, tales como:

- Diseñar soluciones de automatización para empresas y clientes del sector público y privado teniendo en cuenta la legislación vigente y el impacto ambiental asociado a la misma.
- Ejecutar y coordinar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la electrónica, el control y la automatización.
- Desarrollar, adoptar, apropiar e implementar tecnología para las diversas necesidades asociadas a los sectores empresariales, científicos y productivos del país.
- Realizar procesos de mantenimiento y actualización de infraestructura tecnológica vinculada a procesos de instrumentación y control industrial.
- Desarrollar soluciones de software y hardware para procesos industriales y comerciales.
- Desarrollar, integrar y/o administrar sistemas de comunicaciones y tecnología computacional vinculada a redes industriales tanto en empresas del sector productivo como de servicios.
- Desarrollar actividades relacionadas con consultoría, asesoría y ventas de productos y servicios tecnológicos.



Este perfil que responde a las necesidades de la industria regional, nacional e internacional y a las políticas de desarrollo del país, se ha mantenido casi constante, salvo las respectivas actualizaciones dadas por los cambios y tendencias tecnológicas de las últimas dos décadas. En este es claro el enfoque hacia las áreas de profundización y en especial la Automatización industrial, con lo cual no se genera afectación al plan de estudios, tampoco al perfil del cuerpo docente que soporta el programa, ni al enfoque de los grupos de investigación ya que estos cuentan dentro de sus líneas con el área de automatización y finalmente los recursos físicos como aulas, laboratorios, recursos bibliográficos y bases de datos son totalmente pertinentes al campo que se desea ampliar en la denominación.

En términos curriculares y tomando como comparación los dos planes de estudio (vigente y propuesto) que dan respuesta a la modificación propuesta, se puede justificar una reducción en 9 créditos pasando del pensum del programa de Ingeniería en Control con 179 a 170 créditos para el nuevo programa de Ingeniería en Control y Automatización, en un proceso natural de favorecimiento al desarrollo del proceso de aprendizaje de los estudiantes que con la incorporación del componente propedéutico (9 créditos adicionales) se amplió el tiempo de formación en un semestre adicional. Este hecho es modificado y ajustado en el nuevo plan de estudios en donde se ajusta e incorpora el componente propedéutico a la malla curricular sin eliminar el sentido natural de dicho componente.

Por otro lado, en los últimos años en la Educación Superior Colombiana se ha reconocido como las diferentes instituciones de educación superior se han preocupado en ajustar sus modelos curriculares orientados en sendas discusiones que han orientado el desarrollo curricular para los programas de ingeniería en dos grandes grupos: i) los programas de ingeniería cortos (organizados entre 140 y 160 créditos o 8 a 9 semestres); ii) los programas de ingeniería largos (organizados entre 160 y 180 créditos o 9 a 10 semestres). En todo caso, siempre preocupados en establecer los verdaderos tiempos que los estudiantes deben desarrollar sus actividades de aprendizaje, en la propuesta de modificación que se presenta, se establecen necesidades académicas reales y ajustes a los contenidos de los diferentes espacios académicos que permitieron establecer una reducción de 9 créditos que, no sólo benefician a los estudiantes, sino que beneficia a la misma universidad en la reducción de por lo menos 12 horas lectivas (conformadas de horas presenciales y cooperativas) que reducen los costos operativos para el funcionamiento del programa académico.

## 4. VIABILIDAD ADMINISTRATIVA Y LEGAL

### 4.1 Organización administrativa de la Universidad, la Facultad y el Proyecto Curricular de Tecnología en Electrónica

La UDFJC cuenta con una estructura orgánica académico-administrativa contemplada en el Estatuto General<sup>1</sup>, compuesta por instancias de dirección, en las que elaboran, ejecutan y se cumplen las políticas generales de la Universidad. Esta instancia está conformada por el Consejo Superior Universitario, el Rector y el Consejo Académico. En el Artículo 19 del Estatuto General ([http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/sgral/Propuesta\\_Estatuto2017.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/sgral/Propuesta_Estatuto2017.pdf)) se consagra la estructura funcional cuyo rol institucional es el de apoyar la ejecución y cumplimiento de la misión y los objetivos y programas. Su composición se encuentra conformada por las Vicerrectorías Académica y la Administrativa y Financiera, la Secretaria General, las Facultades y la Oficina de Planeación y control. Cada una de las instancias señaladas poseen su propia estructura interna, funciones, roles y dependencias adscritas.

La Universidad posee órganos colegiados de toma de decisiones denominados Consejos. Igualmente posee órganos asesores y consultores denominados Comités. Ésta igualmente está organizada en función de programas y proyectos, las que tienen definidas sus funciones en el Estatuto General. El Organigrama General de la Universidad da cuenta de las diferentes instancias del régimen organizacional de la Institución mostrado en la imagen siguiente.

La Institución cuenta con una estructura de gobierno (CSU, Rectoría, Consejo Académico), de gestión (Oficinas Asesoras, Institutos y Centros) y organizacional (Unidades académicas y administrativas) que garantizan el cumplimiento de los objetivos y metas Institucionales, las cuales se encuentran en el marco del Acuerdo 003 de 1997 que establece el Estatuto General de la UDFJC en el Título II: Organización y Funcionamiento, Capítulo I al IV. ([http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu\\_1997-003.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu_1997-003.pdf))

Con las estructuras anteriores y buscando el óptimo funcionamiento en la organización, la UDFJC adopta el Manual Descriptivo de Funciones Generales y Requisitos Mínimos para los cargos de la Planta de personal Administrativo, a través de la Resolución 1101 del 29 de Julio de 2002 ([http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/rec/res\\_2002-1101.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/rec/res_2002-1101.pdf)), *“Por la cual se establece el Manual Descriptivo de Funciones Generales y Específicas y los Requisitos Mínimos para los cargos de la Planta de Personal Administrativo de la UDFJC”*.

Respecto a las instancias que toman las decisiones que garantizan el funcionamiento de la Universidad, el Estatuto General establece al Consejo Superior Universitario, el Rector y el Consejo Académico como los órganos encargados de la dirección de la UDFJC; los cuales, definen y contribuyen a la elaboración, ejecución y cumplimiento de las políticas generales, lo anterior contemplado en el Capítulo I. La UDFJC cuenta con una a plataforma estratégica del sistema de

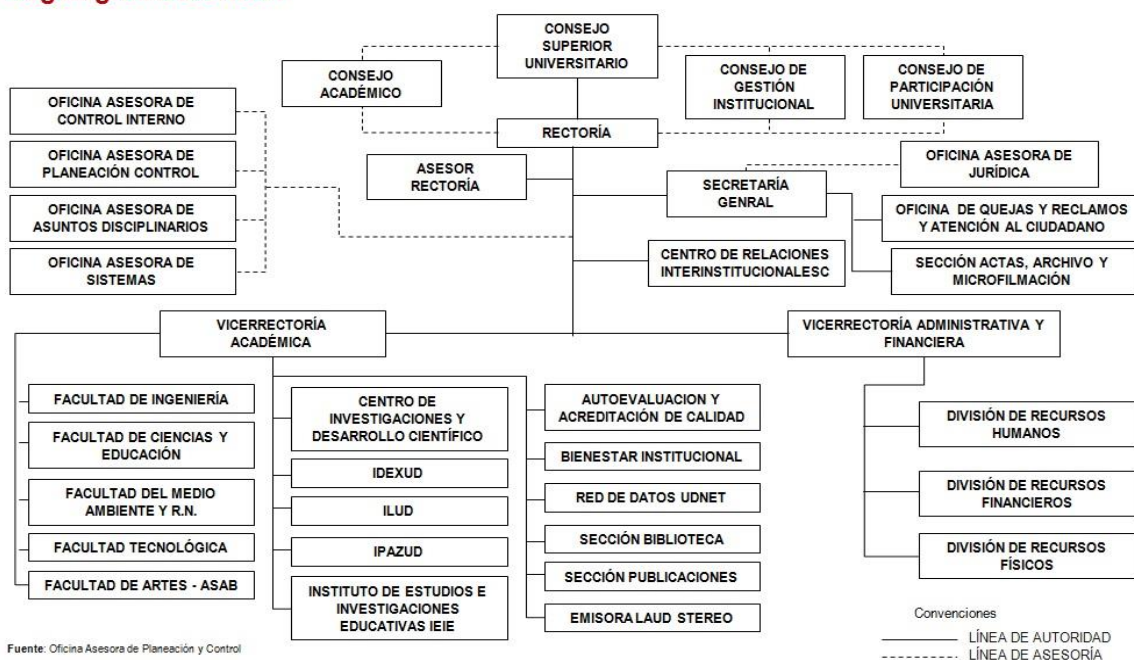
---

<sup>1</sup>Disponible en el sitio web del Sistema de Información de Secretaría General, [http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu\\_1997-003.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu_1997-003.pdf)

planeación fundamentado en el Proyecto Universitario Institucional y el Plan Estratégico de Desarrollo para el desarrollo de los Planes Maestros de Inversión de la Universidad. En esta plataforma, a partir de los planes maestros de desarrollo, se establecen los planes operativos que direccionan las acciones puntuales a desarrollar académica y financieramente en la UD y que los planes de acción de cada dependencia se alimentan el modelo de operación por procesos que está en construcción pues no se ha logrado que los riesgos sean sistémicos, sino que dependen de cada uno de los procesos de la UD.

**Figura 6. Organigrama Universidad Distrital Francisco José de Caldas<sup>2</sup>**

### Organigrama General



Fuente: <http://udistrital.edu.co/dependencias/organigrama/>

En el Capítulo II, se establece la organización funcional como conjunto de personas, funciones y relaciones, orientadas a apoyar la ejecución y cumplimiento de la misión y los objetivos y programas, está constituida por: El Consejo de Gestión Institucional, Las Vicerrectorías, La Secretaría General y las Facultades. Dentro del mismo estatuto en su capítulo III se contemplan los Consejos y Comités como órganos con capacidad decisoria y de carácter asesor, los cuales pueden ser temporales o permanentes. Así mismo el Estatuto General es claro en la participación de la comunidad universitaria en la conformación de los organismos que toman decisiones en la Universidad al establecer, en el artículo 9, la conformación del Consejo Superior Universitario. Por otro lado, el artículo 17 establece la conformación del Consejo Académico como máxima autoridad académica de la Universidad.

<sup>2</sup>Para mayor información sobre la estructura organizativa de la Universidad Distrital puede consultar:  
<http://planeacion.udistrital.edu.co:8080/sigud/organizacion>

Adicionalmente, la UDFJC cuenta con Sistema Integrado de Gestión de la Universidad Distrital- en aras de acompañar los procesos admirativos y académicos, gestionados de forma ordenada y eficiente. El SIGUD implementó el Modelo de Operación por Procesos que está conformado por 4 Macroprocesos y 22 Procesos interrelacionados para garantizar la sostenibilidad de la institución y el cumplimiento de la Misión. Los Macroprocesos son:

- **Gestión Académica:** Enmarca los procesos esenciales de la institución que están directamente relacionadas con la misión institucional y la satisfacción de las partes interesadas.
- **Direccionamiento Estratégico:** Enmarca los procesos a través de los cuales la institución genera los lineamientos, políticas y estrategias para el desarrollo y direccionamiento de los demás procesos.
- **Gestión de Recursos y Gestión Administrativa Contractual:** Enmarca los procesos necesarios para gestionar los recursos institucionales que soportan el desarrollo de los demás procesos.
- **Evaluación y Control:** Enmarca los procesos a través de los cuales se evalúa y controla el desarrollo de los demás procesos.

#### **4.1.1 Estructura Organizativa de la Facultad**

La Facultad Tecnológica, creada por el Consejo Superior Universitario mediante Acuerdo 05 del 22 de junio de 1994 ([http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu\\_1994-005.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu_1994-005.pdf)), forma parte de la estructura académica y administrativa de la universidad Distrital donde su Visión “Constituirse en un referente obligado académico social a nivel nacional e internacional en lo que respecta a la gestión del conocimiento científico - técnico y al desarrollo tecnológico, económico y social ” y su Misión “ La Facultad Tecnológica justifica su existencia por ser un espacio académico y social que posibilita la formación de personas con competencia para la apropiación, adaptación y gestión del conocimiento científico técnico y los productos de la tecnología, con la intención de impactar positivamente la economía, administración y desarrollo de la organización social del Distrito Capital y la Nación” representan y determinan a la facultad Tecnológica como un mecanismo académico que cumple con las funciones asignadas en el Estatuto Académico. La Facultad cuenta con una estructura organizativa que posibilita la gestión de recursos con el propósito de cumplir con su misión, objetivos propuestos y sus diferentes programas.

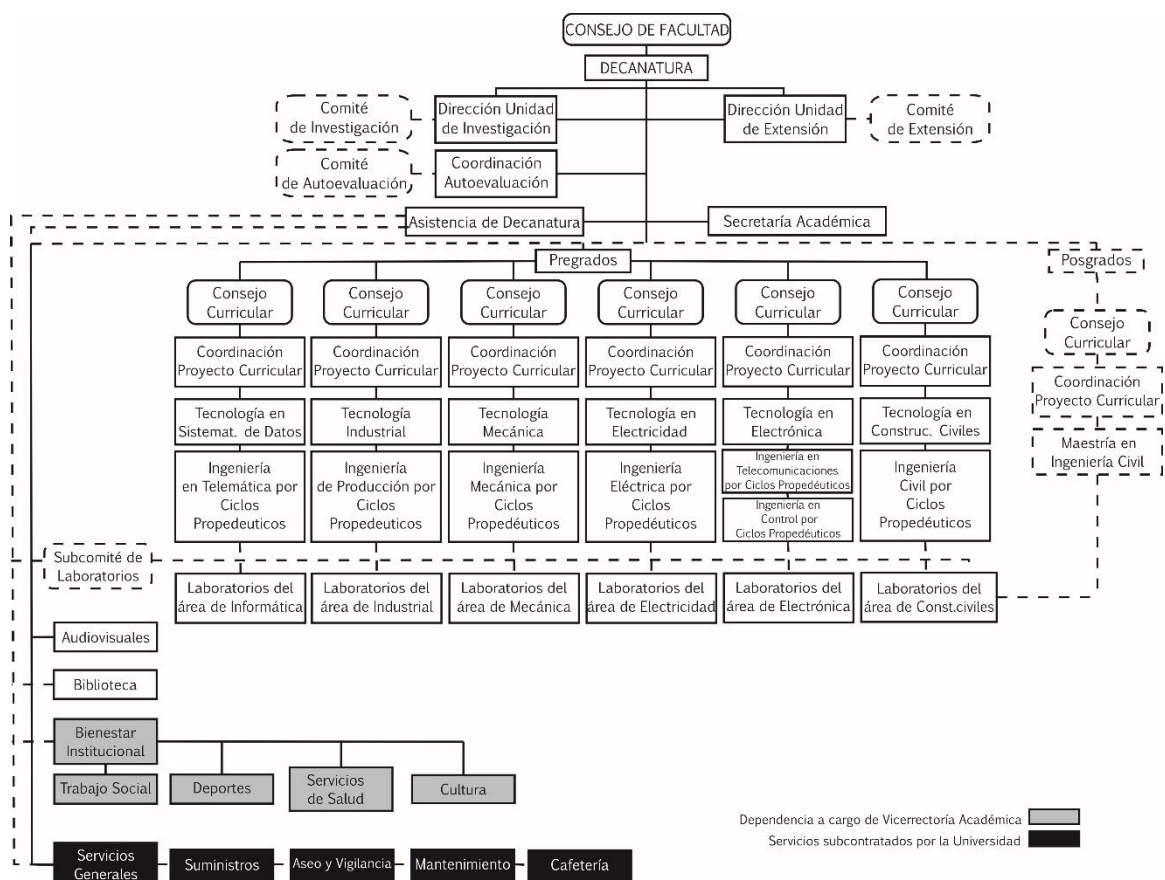
En el organigrama funcional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital se identifica como órgano colegiado de decisión al Consejo de Facultad, está integrado de acuerdo con lo establecido en el Estatuto General, y sus funciones de conformidad con el Estatuto Académico de la Universidad, seguido por el cargo académico – administrativo principal que constituye:

- La Decanatura.
- Un Secretario(a) de Facultad.
- La Unidad de extensión: Esta dependencia integra y regula los componentes que involucran a los diferentes sectores participantes en el desarrollo zonal, capitalino, regional y nacional.

- La Unidad de investigación: Esta encargada de integrar y regular la promoción, la implementación y el desarrollo de la investigación científica en la Facultad. Tanto la Unidad de Investigación como la de Extensión tienen un director nombrado por el decano y un comité integrado por el Director de la Unidad y los profesores designados en los respectivos consejos curriculares de la Facultad.
- La Coordinación de laboratorios: Existe en la Facultad, un profesor de carrera designado por el Decano para organizar las actividades relacionadas con prácticas de laboratorio, actividades de investigación y prestación de servicios.

Las Coordinaciones de Proyectos Curriculares: encargadas de la ejecución de programas académicos; los programas de Tecnología en Electrónica e Ingeniería en Control y Automatización e Ingeniería en Telecomunicaciones están adscritos a la Coordinación del Proyecto Curricular de Tecnología Electrónica, partiendo de la filosofía de que comparten actividades en un área del conocimiento afín, existiendo la posibilidad de que los egresados Tecnólogos puedan continuar su proceso de educación superior.

**Figura 7. Organigrama funcional de la Facultad Tecnológica**



#### 4.1.2 Estructura Organizativa del Proyecto Curricular

La Ingeniería en Control y Automatización por ciclos propedéuticos con Tecnología en Electrónica como programas, están adscritos como un mismo proyecto curricular a la Facultad Tecnológica, el cual se enmarca dentro de la organización académico administrativa de la Universidad consagrada en

el Estatuto General de la Universidad y en el Estatuto Académico. Cada Proyecto Curricular tiene un Coordinador de Proyecto que es el responsable del desarrollo y cumplimiento de los objetivos; la misión de liderar administrativamente el Proyecto Curricular y gestionar los procesos de autoevaluación, de trabajo académico y de solicitudes estudiantiles. El nombramiento del coordinador se hace por designación del rector a sugerencia del decano, sin embargo, los procesos participativos dentro de la Facultad permiten que los Consejos Curriculares ampliados designen candidatos a la coordinación para que finalmente el Decano tome la decisión. La administración académica se orienta desde el Consejo Curricular como órgano pluralista y representativo de la comunidad, el cual es presidido por el coordinador del Proyecto Curricular.

Igualmente se cuenta con representantes en las unidades de investigación y extensión con el fin de participar en las discusiones y programaciones que desde dichas unidades se desarrollen, así como un coordinador de laboratorios quien tiene a su cargo la gestión académico administrativa de los espacios especializados (talleres, laboratorios, salas de software) asignados al Proyecto Curricular. El proyecto curricular cuenta con un profesor representante ante el Comité de Autoevaluación y Acreditación de la Facultad Tecnológica. Finalmente, la gestión académico administrativa se soporta con personal administrativo en las dependencias que así lo requieren. En coordinación se cuenta con una asistente y una secretaria, y en los espacios especializados, con laboratoristas que soportan el trabajo allí desarrollado.

Administrativamente el Proyecto Curricular, es liderado por el Coordinador quien es responsable de la gestión académico administrativa de los programas. Las orientaciones académicas de docencia, investigación y extensión son formuladas, discutidas y decididas desde el Consejo Curricular como órgano de decisión participativa de estudiantes y profesores. Los espacios especializados propios de la disciplina, son manejados por el Coordinador de laboratorios quien promueve el uso apropiado de estos, así como colabora en la gestión del mantenimiento de equipos existentes en la actualización y adquisición de nuevos. El proyecto curricular participa en la organización de la Facultad a través de representantes ante el consejo de Facultad y comités de currículo, investigación y extensión. El personal administrativo soporta las funciones de coordinación y laboratorios de forma que se logre un desarrollo apropiado de las actividades propias de cada área.

#### **4.2 Marco Normativo**

El proyecto curricular de Ingeniería en Control adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se crea a partir del año 1997 bajo resolución 012 de Consejo Superior Universitario, con la denominación de Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación. Con la resolución N° 022 de Julio 5 del 2006 [http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/res\\_2006-022.pdf](http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/res_2006-022.pdf) del Consejo Superior de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, modifica el artículo 1 de la anterior resolución y a partir de ahí se denomina Ingeniería en Control, denominación que se mantuvo hasta la renovación del registro calificado en el año de 2012 según resolución No.17035 de diciembre 27 del Ministerio de Educación Nacional (<http://www1.udistrital.edu.co:8080/en/web/ingenieria-en-control/>), registro vigente hasta diciembre de 2019.

De acuerdo con lo expresado en lo capítulo 2 el programa solicita cambio de denominación de Ingeniería en Control a **Ingeniería en Control y Automatización**. El cambio de denominación y el cambio del número total de créditos al plan de estudios, fue aprobado en el Consejo Curricular del

13 de julio de 2018, posteriormente socializadas y aprobadas en el Consejo de Facultad del 26 de julio de 2018.

Finalmente, mediante **resolución xx de Septiembre de 2018** de Consejo Superior Universitario adopta la denominación de Ingeniería en Control y Automatización en articulación por ciclos propedéuticos con el programa de *Tecnología en Electrónica con una con una duración total de 10 semestres y 170 créditos académicos de los cuales 97 corresponden al ciclo de Tecnología 9 del componente propedéutico y 64 del ciclo de ingeniería.*



## 5. EVALUACIÓN FINANCIERA ECONÓMICA

### 5.1 Modelo de costos proyecto curricular de Pregrado de la UDFJC

Siguiendo (Verry & Layard, 1975) y (Nelson & Hevert, 1992), se toma como unidad de análisis un proyecto curricular. En esta primera aproximación, se estiman los costos de las actividades de docencia y no se incluyen los costos de las actividades de investigación, para trabajos futuros se incluirá el desarrollo de las actividades de costos y la definición de funciones de costos conjuntas. Se define como resultado de las actividades de docencia en el proyecto curricular el número de estudiantes tiempo completo al año<sup>3</sup> (Johnes J. , 1990) (Johnes & Johnes, 2016) y (Groot, McHamon, & Volkwein, 1991).

Para la estimación de los costos, se toma la propuesta de componentes de la estructura de costos de una universidad del estudio de (Groot, McHamon, & Volkwein, 1991), así los costos se dividen de la siguiente manera:

- Costos académicos directos (CA): Se incluye el costo del personal docente (planta y cátedra) y de los profesores visitantes.
- Costos de apoyo académico (CAA): Se incluyen los costos de los asistentes académicos (monitores), recursos bibliográficos, capacitación docente, prácticas, eventos académicos, apoyo a la investigación, entre otras actividades de apoyo académico.
- Costos de los servicios a la comunidad universitaria (CSC): Se incluye los costos de las actividades de bienestar institucional y el subsidio de alimentación.
- Costos de apoyo administrativo (CAD): En este componente se incluyen los costos del personal administrativo.
- Costos de operación y mantenimiento de la planta física (CPF): En este componente se incluyen los costos de las actividades de vigilancia, aseo, servicios públicos y mantenimiento de la planta física.

Teniendo en cuenta que el resultado es el número de estudiantes tiempo completo matriculados al año, la función de costos se determina con temporalidad anual ( $CT_t = \text{Costo Total del año } t$ ). De esta manera la función de costos es la siguiente:

$$CT_t(x_t) = CA_t + CAA_t + CSC_t + CAD_t + CPF_t$$

- **Costos académicos directos**

Para la estimación de los costos académicos directos se debe determinar la relación entre el número de estudiantes, el número de clases impartidas al semestre y el número de docentes. Así, la ecuación central para la determinación de la función de costos es la que explica el crecimiento del número de estudiantes. El número de estudiantes  $x$  cada semestre es función del número inicial de matriculados

---

<sup>3</sup> Un estudiante tiempo completo es aquel que toma todos los cursos definidos en el plan de estudios para cada semestre.



$x^M$  y la tasa de deserción  $d^4$ . Se supone que no aumenta el número de matriculados cada periodo, en otras palabras, en los proyectos curriculares de pregrado no aumentan el número de cupos en el tiempo y se asume una tasa de deserción constante. La ecuación (1) define el número de matriculados en el periodo  $t$  como función del número de cupos y la tasa de deserción.

$$x_t = f(x^M, d) = \begin{cases} x^M \sum_{n=1}^t (1-d)^{n-1}, & t < 10 \\ x^M \sum_{n=1}^{10} (1-d)^{n-1}, & t \geq 10 \end{cases} \quad (1)$$

Otra de las ecuaciones centrales es el número de horas de clase a la semana. Para establecer esta función se toma en cuenta los créditos académicos como “la medida de tiempo estimado que el estudiante dedica a las labores de formación académica universitaria en pregrado o postgrado en función de los propósitos”<sup>5</sup>. Como medida de tiempo, los créditos académicos permiten establecer el número de horas de contacto directo con el docente, las horas de trabajo colaborativo y las horas de trabajo independiente. Así, un crédito supone 16 horas de trabajo con acompañamiento del docente y 32 de trabajo independiente cada semestre (ibíd, pág. 2). Actualmente, en la Universidad Distrital los proyectos curriculares cada semestre tiene en promedio 16 créditos<sup>6</sup>, es decir que se imparten 16 horas semanales de clase por cada semestre. Con esta información, es posible elaborar una función del número de horas de clase a la semana ( $Cl$ ) que se ofrecen cada semestre en un proyecto curricular como función del número de estudiantes ( $x_t$ ), número de créditos por semestre ( $Cr$ ) y del número de estudiantes por Clase (relación técnica  $\frac{P^*}{E}$ ), esta relación puede cambiar de acuerdo a los criterios de calidad que se tomen como referencia, este es un parámetro exógeno que se puede ajustar en el modelo<sup>7</sup>. Teniendo en cuenta que un estudiante adicional a la relación técnica no implica la apertura de un nuevo curso, a la relación técnica se le suma 10 con el propósito de expresar que se abrirá un nuevo curso de la asignatura si supera en 10 estudiantes la relación técnica. Finalmente, con el propósito de generar un número entero de cursos (1, 2, 3 cursos) se usa la función entero mayor o función techo, que devuelve el mínimo número entero  $y$  no inferior a  $x$ .

$$Cl = f\left(x_t, \frac{P^*}{E}, Cr\right) = \begin{cases} Cr, & x_t \leq \frac{P^*}{E} + 10 \\ Cr * \left\lceil \frac{x}{\frac{P^*}{E} + 10} \right\rceil, & x_t > \frac{P^*}{E} + 10 \end{cases} \quad (2)$$

La ecuación (2) arroja el número de horas de clase a la semana de acuerdo al número de estudiantes cada semestre. Por ejemplo, si en el semestre  $t$  hay 80 estudiantes, y la relación técnica es 25

<sup>4</sup> El número de matriculados se estima por el número de cupos que oferta la universidad. Para la mayoría de programas el número de inscritos es superior al número de admitidos, es decir, la decisión del número de matriculados estará relacionada con el crecimiento de los cupos y la tasa de deserción.

<sup>5</sup> Vicerrectoría académica (2009) El sistema de créditos académicos. Recuperado en: <http://comunidad.udistrital.edu.co/cic/files/QUE-SON-CREDITOS-ACADEMICOS1.pdf> (10 de marzo de 2017).

<sup>6</sup> Número de créditos promedio en proyectos curriculares de pregrado en la facultad de ingeniería, ciencias y educación y medio ambiente. La facultad de Artes ASAB tiene una distribución diferente del número de créditos.

<sup>7</sup> Como una aproximación a una relación técnica óptima, se puede tomar como referencia la relación definida en el decreto 3020 de 2002 del Ministerio de Educación Nacional para educación media técnica: 24 estudiantes por profesor para zona urbana. A nivel de educación superior, otro criterio puede ser las universidades en el top 100 en los rankings de investigación, la relación promedio de estudiantes-profesor en las 100 mejores universidades para 2016 es de 6,88 estudiantes por profesor tiempo completo equivalente.

estudiantes por docente, la función  $Cl$  establece que ese semestre se ofrecerá 32 horas de clase semanal (512 horas de clase semestral) en el proyecto curricular.

**Número de profesores de planta y profesores de cátedra:** Antes de estimar los costos, es necesario definir el número de horas que ofrecerán los profesores de planta y de cátedra, dado que tienen costos diferentes e implicaciones distintas en términos de los resultados de docencia e investigación. Así, se supone como variable exógena el porcentaje de horas que ofrecerán los profesores de planta ( $\%Pp$ ), si el 100% de las horas las imparten los profesores de planta eso tendrá unas implicaciones en las funciones de costos, pero también puede conllevar mejoras en los resultados de los procesos de formación e investigación. A partir de esta información, se define la función del número de profesores de planta de la siguiente manera:

$$Pp_t = f(c_t, \%Pp, CM) = [(Cl * \%Pp)/CM] \quad (3)$$

De acuerdo al estatuto de los docentes de la universidad distrital, en el artículo 52 se define que “cuando los docentes de tiempo completo tengan a su cargo una (1) sola asignatura, el número mínimo de horas lectivas semanales es 16 y máximo 18, cuando se tengan dos o más asignaturas, el mínimo de horas lectivas semanales es 12 y el máximo es 14”. En el modelo de costo, se asume que un profesor de planta imparte más de una asignatura y tiene como máximo 14 horas lectivas a la semana. Así, la Carga Máxima (CM) se define en 14 horas a la semana. A partir de la definición del número de docentes de planta se define el número de horas cátedra semanal ( $Hc$ ) de la siguiente manera:

$$Hc_t = c_t - (Pp_t * CM) \quad (4)$$

- **Costos de apoyo académico, administrativo, servicios a la comunidad y mantenimiento de la planta física**

Para estimar los demás componentes de la función de se toma como referencia los insumos y los valores monetarios definidos en el documento elaborado por la OAPC “análisis de costo por estudiante y del costo de funcionamiento operativo de los proyectos curriculares de pregrado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas”. En ese documento se establecieron como insumos:

- Recursos bibliográficos
- Insumos de laboratorio
- Rubros complementarios académicos: capacitaciones, eventos académicos, monitorias, publicaciones e impresos, es decir actividades que complementan el desarrollo académico.
- Bienestar
- Subsidio Alimentario
- Viajes y viáticos: Destinado principalmente para el desplazamiento y viáticos de los profesores y estudiantes en representación de la Universidad en eventos académicos y/o investigativos.
- Apoyo a investigaciones
- Servicios públicos
- Aseo y cafetería
- Vigilancia

- Mantenimiento

En el estudio de la OAPC se estimaron los valores monetarios para cada uno de estos rubros a precios de 2015, en la tabla 3 se presentan los valores a precios de 2016 y de acuerdo a los componentes de la estructura de costos. Finalmente, para establecer algunos costos, se requiere saber el número de metros cuadrados por estudiante, para este estudio se usará como parámetro 3,74 metros cuadrados por estudiante que es el valor actual para la universidad (este parámetro puede ajustarse permitiendo estimar los costos si se mejora las condiciones de espacios físicos de la universidad), de esta manera todos los costos quedan en función del número de estudiantes tiempo completo.

**Tabla 3 Insumos proyecto curricular**

| Componente                                          | Insumos                              | Valor semestre (precios 2016) | Variable                                                                   | Función                                                                   |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Operación y mantenimiento de la planta física (CPF) | Aseo y Cafetería                     | \$ 64.000                     | M2                                                                         | Precio insumo*(Estándar M2/est.)* $x_t$                                   |
|                                                     | Mantenimiento                        | \$ 105.750                    | M2                                                                         | Precio insumo*(Estándar M2/est.)* $x_t$                                   |
|                                                     | Servicio de Vigilancia               | \$ 24.719                     | M2                                                                         | Precio insumo*(Estándar M2/est.)* $x_t$                                   |
|                                                     | Servicios públicos                   | \$ 11.633                     | M2                                                                         | Precio insumo*(Estándar M2/est.)* $x_t$                                   |
|                                                     |                                      | \$ 34.369                     | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |
| Costos de apoyo académico (CAA)                     | Dotación de biblioteca               | \$ 150.000                    | Un volumen por 15 estudiantes. Un volumen por cada dos estudiantes nuevos. | Precio insumo*( $x_t/15$ )                                                |
|                                                     | Bases de datos                       | \$ 15.725.000                 | Por proyecto curricular                                                    |                                                                           |
|                                                     | Dotación de laboratorios             | \$ 18.506                     | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |
|                                                     | Capacitación, prácticas, entre otros | \$ 63.450                     | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |
|                                                     | Viajes y viáticos                    | \$ 1.269.000                  | Por docente de planta                                                      | Precio insumo*docentes de planta                                          |
|                                                     | Asistentes académicos                | \$ 13.219                     | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |
|                                                     | Apoyo de investigación               | \$ 31.725                     | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |
|                                                     | Productividad académica              | \$ 11.470                     | Por punto salarial                                                         | Precio insumo*puntos salariales promedio año*Número de docentes de planta |
|                                                     | Bienestar                            | \$ 105.750                    | Por estudiante                                                             | Precio insumo* $x_t$                                                      |

|                                          |                   |           |                |                      |
|------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------|----------------------|
| Costos de servicios a la comunidad (CSC) | Apoyo Alimentario | \$ 31.725 | Por estudiante | Precio insumo* $x_t$ |
|------------------------------------------|-------------------|-----------|----------------|----------------------|

Fuente: Universidad Visible No 9-2015 – Oficina Asesora de Planeación y Control

## 5.2 La función de costos de un proyecto curricular

Teniendo en cuenta las ecuaciones (1), (2), (3) y (4), y la tabla 1 se estimaron los costos totales anuales de un proyecto curricular en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Para estimar los costos se tomaron los siguientes parámetros:

- Se supone un tamaño de clase de 22 estudiantes (total inscritos promedio por curso en 2017)
- Profesores de planta de 400 puntos
- El 30% de las horas lectivas de clases las imparten docentes de planta y 70% docentes de cátedra.
- Relación técnica de estudiantes por funcionario administrativo = 32 (OAPC(2016))
- Número inicial de matriculados por semestre= 80
- Promedio de puntos salariales anuales por docente=6,96 (Vic. Académica (2016))
- Tasa de deserción = 9% (Académica, 2016)
- 3,7 Metros cuadrados por estudiante (incluye Aduanilla de Paiba y Bosa)
- Se supone un libro por cada dos estudiantes nuevos (Colección básica) y la adquisición de un libro por cada 15 estudiantes cada semestre (Bibliotecas, 2005).

Estos supuestos se asemejan a los indicadores globales de la universidad, este primer ejercicio busca estimar el costo de un proyecto curricular que inicia su funcionamiento en el año 2017 y con las condiciones actuales de la universidad. No obstante, hay diferencias en estos parámetros por facultades, este estudio permite ajustar estos parámetros para estimar el costo de un proyecto curricular particular<sup>8</sup>. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los costos (se supone que el programa inicia su funcionamiento desde 2017 a precios corrientes y constantes) anuales por componente y el costo por estudiante para una cohorte del proyecto curricular.

**Tabla 4. Costos de un proyecto curricular de pregrado (a precios corrientes y precios constantes de 2017)**

| COSTOS                                                     | 2017           | 2018             | 2019             | 2020             | 2021             |
|------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Costos académicos directos (CA)                            | \$ 220.267.257 | \$ 409.482.716   | \$ 672.801.502   | \$ 778.029.772   | \$ 950.799.374   |
| Operación y mantenimiento de la planta física (CPF)        | \$ 196.415.420 | \$ 438.532.011   | \$ 656.475.971   | \$ 854.367.006   | \$ 1.035.761.885 |
| Costos de apoyo académico (CAA)                            | \$ 80.101.939  | \$ 127.226.030   | \$ 172.279.354   | \$ 209.750.088   | \$ 232.955.778   |
| Costos de los servicios a la comunidad universitaria (CSC) | \$ 33.312.942  | \$ 71.487.000    | \$ 111.341.288   | \$ 14.490.450    | \$ 175.956.844   |
| Costos administrativo (CAD)                                | \$ 189.359.100 | \$ 406.350.000   | \$ 645.121.260   | \$ 847.662.456   | \$ 1.039.209.710 |
| Costo total                                                | \$ 719.456.658 | \$ 1.452.897.757 | \$ 2.258.019.376 | \$ 2.834.713.823 | \$ 3.434.683.591 |
| Número de estudiantes tiempo completo                      | 153            | 280              | 385              | 471              | 543              |

<sup>8</sup> Por ejemplo, la facultad de artes tiene un menor promedio de estudiantes por curso.

|                                                      |              |              |              |              |              |
|------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Costo total por estudiante a precios corrientes      | \$ 4.702.331 | \$ 5.188.921 | \$ 5.864.985 | \$ 6.018.501 | \$ 6.325.384 |
| Costo total por estudiante a precios constantes 2017 | \$ 4.702.331 | \$ 4.989.347 | \$ 5.639.409 | \$ 5.787.020 | \$ 6.082.100 |

Fuente: Oficina Asesora de Planeación y Control

Estos resultados muestran que, por proyecto curricular, sin contar las inversiones en planta física, el costo por estudiante es de \$6.082.100 (a precios de 2017) cuando el proyecto opere ofreciendo todos los cursos de su plan de estudios, este valor es cercano al costo por estudiante operativo (gastos de funcionamiento/estudiantes) que se estima para el 2017 en \$6.991.000. Un resultado relevante, es la presencia de rendimientos decrecientes a nivel de proyecto curricular, es decir a mayor cantidad de estudiantes mayor es el costo por estudiante, esto se debe a que un porcentaje importante de las clases las imparte profesores de cátedra (aumentan en la misma proporción con el número de estudiantes), en este sentido la disminución de nueve (9) créditos del plan de estudios, no aumenta el costo del estudiante de la universidad, por el contrario se presenta una ligera tendencia a la baja, ya que se baja el número de horas cátedra de docentes equivalentes a los nueve créditos.

En este escenario la inclusión del componente de investigación probablemente no generará economías de escala ni de alcance, teniendo en cuenta que en el año 2021 el proyecto curricular contará con 6 profesores de planta. Sin embargo, si se tiene en cuenta las clases de posgrado y la investigación, aumentando la proporción de profesores de planta, se pueden presentar economías de escala y de alcance.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gorenberg, Andrés Gregorio. (2016) Entendiendo más ampliamente Industria 4.0. Revista AADECA: revista de los profesionales en automatización y control. (1), pp. 12-18

InfoPLC (Diciembre 29 2016) 6 tendencias en Automatización Industrial para 2017. <http://www.infoplcn.net/blogs-automatizacion/item/103835-tendencias-automatizacion-industrial-robotica-cloud-2017> Información recuperada Julio 01 2018

O'Brien, Larry (2016) Las cinco principales tendencias tecnológicas en Automatización para 2016. Revista AADECA: revista de los profesionales en automatización y control. (1) pp. 8-10

Rodríguez Canfranc, Pablo (Enero 8 2018) La empresa industrial es una empresa digital. [https://lacofa.fundaciontelefonica.com/2018/01/08/la-empresa-industrial-es-una-empresa-digital/?utm\\_source=comunicacion&utm\\_medium=boletines&utm\\_campaign=semana01082018](https://lacofa.fundaciontelefonica.com/2018/01/08/la-empresa-industrial-es-una-empresa-digital/?utm_source=comunicacion&utm_medium=boletines&utm_campaign=semana01082018)  
Recuperado enero 15 2018