

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN
PROBLEMAS MAL ESTRUCTURADOS, EL CASO DEL
DISEÑO CURRICULAR EN INSTITUCIONES DE
EDUCACIÓN SUPERIOR**

Diana Castañeda Rendón

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas
Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática
Medellín, Colombia
2018

Metodología para la Toma de Decisiones en Problemas Mal Estructurados, el Caso del Diseño Curricular en Instituciones de Educación Superior

Diana Castañeda Rendón

Tesis de Investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería – Ingeniería de Sistemas

Director:
Doctor en Ingeniería, Gabriel Awad

Línea de Investigación:
Investigación de Operaciones
Grupo de Investigación:
Ciencias de la Decisión

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas
Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática
Medellín, Colombia
2018

Agradecimientos

Me siento muy feliz de haber terminado mi investigación, de escribir mi tesis para recibir mi título de Magíster en Ingeniería – Ingeniería de Sistemas fue difícil, muy difícil ... estudiar, hacer la maestría, era un gran anhelo, un reto, un gusto, un capricho; ¡pero en este sueño, no estuve sola!

Agradezco a mi familia, a mis amigos, a mis compañeros de trabajo, a la vida y a Dios por el apoyo, la comprensión, la tolerancia y sus infaltables palabras y deseos de aliento ... pero en especial, le agradezco de todo corazón a mi director, el profesor Gabriel Awad por siempre creer en mí, acompañarme, quererme y no dejarme desfallecer; a mi mamá Perla Rendón, mi papá Jaime Castañeda, mi hermana Sara Castañeda y mi sobrina Isabella Caro, por su amor incondicional, por ser mi sistema de soporte y por su paciencia; y a mis grandes amigas Lina Marcela Guerra, Natalia Echeverri y Sandra Milena Palacio, por ser parte de mi alma, de mi vida, ser las porristas de mis sueños y mis colaboradoras directas.

Gracias, un millón de gracias a todos, no puedo expresar con palabras la gran felicidad que me invade y el sentimiento de gratitud para con ustedes, y solo me resta decirles **¡Las mejores cosas de la vida, sólo se consiguen cuando nos rodean personas extraordinarias! Los quiero ♥**

Contenido

Agradecimientos	3
Lista de Ilustraciones	6
Lista de Tablas.....	6
Resumen	7
Abstract	7
Introducción	8
1. Análisis y Toma de Decisiones	11
1.1. La Economía; Teoría de Juegos e Investigación de Operaciones en las Ciencias de la Decisión.....	12
1.2. La Psicología en las Ciencias de la Decisión	14
1.3. Las Matemáticas en las Ciencias de la Decisión	17
1.4. Conclusión	19
2. Tipología de los Problemas	20
2.1. Problemas Bien Estructurados	20
2.2. Problemas Mal Estructurados	23
2.3. Problemas Mal Definidos	25
2.4. Problemas Wicked.....	28
2.5. Conclusión	30
3. Estructuración de Problemas y Metodologías.....	31
3.1. Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA)	33
3.2. Decisión y Análisis de Opciones Estratégicas (SODA)	35
3.3. Enfoque de Elección Estratégica (SCA).....	37
3.4. Heurística de Sistemas Críticos (CSH)	39
3.5. Planificación Interactiva (IP).....	41
3.6. Metodología de Sistemas Blandos (SSM)	43
3.7. Conclusión	45

4. Diseño Curricular Profesional	46
4.1. Modelos de Diseño Curricular	51
4.1.1. Modelos Inductivos, No Lineales y Descriptivos	52
4.1.2. Modelos Deductivos, Lineales y Prescriptivos	53
4.2. Conclusión	56
5. Propuesta Metodológica y Caso de Aplicación	57
5.1. Diseño Curricular del Programa de Maestría en Ingeniería–Analítica	62
6. Conclusiones	73
7. Limitaciones y Futuras Investigaciones	74
Referencias	75
Anexos.....	83

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Características de Problemas Bien Estructurados	21
Ilustración 2. Características de Problemas Mal Estructurados.....	23
Ilustración 3. Atributos de Problemas Mal Estructurados.....	24
Ilustración 4. Aspectos Relevantes de los Problemas Mal Estructurados	24
Ilustración 5. Distintivos de Dominios Mal Definidos	26
Ilustración 6. Criterios de Problemas Mal Definidos.....	27
Ilustración 7. 10 Características de Problemas Wicked.....	29
Ilustración 8. 10 Esquematización del Método de MCDA	34
Ilustración 9. Mapa SODA soportado en Pensamiento Sistémico.....	36
Ilustración 10. 10 Diseño de la Metodología de SCA	38
Ilustración 11. Prisma de Planificación Interactiva.....	42
Ilustración 12. Los 7 Pasos del Sistema de Metodología Blanda.....	44
Ilustración 13. Fases del Diseño Curricular	58
Ilustración 14. Tendencia en el Mercado laboral para expertos en Big Data y Data Science	66
Ilustración 15. Tendencia de creación de programas en el área de analítica	67

Lista de Tablas

Tabla 1. Heurística de Sistemas Críticos CSH, Categorías de Límites y Preguntas	40
Tabla 2. Fases del Diseño Curricular, Caracterización de Elementos Wicked y PSM	60
Tabla 3. Relación de programas en analítica en universidades nacionales.....	69
Tabla 4. Resumen relación de programas en analítica en universidades internacionales*	69

Resumen

Esta investigación presenta una propuesta metodológica para la toma de decisiones estratégicas en el diseño curricular en educación superior. A través de la revisión de literatura en el análisis de decisiones, las diferentes definiciones sobre los tipos de problemas, algunos de los métodos de estructuración de problemas y modelos de planes de estudio; se presenta una propuesta multimetodológica para un diseño curricular de postgrado, como una herramienta para manejar la complejidad y la incertidumbre durante el proceso. Esta investigación ilustra cómo la integración de un modelo curricular con tres métodos de estructuración de problemas (PSM) puede ayudar a comprender mejor el desarrollo de una nueva área de estudio al considerar la exploración de puntos de vista de los miembros involucrados, resaltar algunos conceptos relevantes y discutir cómo su uso puede contribuir y mejorar al proceso de toma de decisiones en la planificación de un programa curricular de posgrado.

Palabras Clave

Toma de decisiones, problemas mal estructurados, instituciones de educación superior, diseño curricular.

Abstract

This research presents a methodological proposal for strategic decision making in curriculum design in higher education. Through a review of decision analysis literature, the different definitions about types of problems, some of the problems structuring method's, and curriculum models; a multi-methodological proposal for a postgraduate curricular design is presented, as a tool to manage complexity and uncertainty during the process. This investigation illustrates how the integration of a curriculum model with three Problem Structuring Method's (PSM) can help in a better understanding of the development of a new study area by considering the exploration of views of the members involved, highlighting some relevant concepts, and discussing how their use can contribute and improve the decisions making process in a postgraduate curriculum planning.

Keywords

Decision making, ill-structured problems, higher education institutions, curriculum design.

Introducción

El análisis de decisiones proporciona un marco conceptual con visión holística, al combinar las técnicas tradicionales de investigación de operaciones, ciencias de gestión y análisis de sistemas, con juicios y valores profesionales, en un análisis unificado para respaldar la toma de decisiones (Keeney, 1982).

Como disciplina, el análisis de decisiones, es una estructura que permite incorporar en una balanza, los diferentes elementos asociados a las decisiones, como la incertidumbre, valores y preferencias, junto con aspectos técnicos como el mercadeo, la competitividad, y recursos como el medio ambiente, la información y las fuentes, en un proceso lógico que enmarca las particularidades de quien toma la decisión y la capacidad de abstracción que tiene para mejorar la calidad de las decisiones que se toman y convertirlas en ventajas (Howard, 2007).

El análisis de decisiones se introdujo en la literatura a principios de siglo, cuando se presenta un auge la aplicación del enfoque científico a los problemas de gestión. Inicialmente, la competencia para las decisiones la tenían aquellos expertos que por su experiencia, realizaban juicios de acuerdo a su experticia; y sólo fue hasta mediados de la década de los años 70, que se comienza a incorporar esta perspectiva y lecciones al campo de las ciencias de la decisión y el comportamiento (Spetzler, 2007).

La evolución en la disciplina del análisis de decisiones, ha permitido contar con herramientas de apoyo en un procedimiento lógico, constituido para interactuar en ambientes complejos que conllevan problemas sin definición, faltos de estructura, que involucran incertidumbre, son complejos, dinámicos, multi objetivo y multi criterio. Esta disciplina avanza del planteamiento de los problemas bien definidos, a la conceptualización y estructuración de los problemas que se presentan en la vida real e integrando varios campos del conocimiento (Howard, 2007).

La toma de decisiones en situaciones de problemas mal estructurados se encuentra aún en un estado incipiente debido a las características que los conforman, pues son complejos, no se encuentran bien definidos o su definición encierra discrepancias, involucran incertidumbre, generalmente intervienen múltiples decisores, son multicriterio y multiobjetivo (Mehmood, 2015).

Para este entonces, cobra gran reconocimiento el valor de darle estructura a los problemas. Los métodos de estructuración de problemas (PSM) se ofrecieron como mecanismo para proveer herramientas que facilitan la implementación de modelos de representación de los diferentes enfoques que se presentan al abordar un problema (Keys, 2006). Los PSM se han establecido para formular una mejor manera de conceptualizar los sistemas complejos que rodean la actividad humana (Ormerod, 2014).

Este enfoque de problemas mal estructurados y la necesidad de contar con metodologías para estructurarlos, permea también el campo de la educación, específicamente el diseño curricular en instituciones de educación superior, tema de estudio de esta investigación.

La conformación de un nuevo currículo, que abarque las diferentes necesidades del entorno y de sus agentes puede plantearse como un problema sin estructura, con incertidumbre, con múltiples decisores y multicriterio (Mulenga & Luangala, 2015); en donde la situación es replanteada, reformulada y resuelta tantas veces como sea necesario para responder a los cambios constantes, la diversidad de perspectivas y la variabilidad de contextos (Jordan, Kleinsasser, & Roe, 2014).

Este trabajo de investigación pretende progresar en la conceptualización de la toma de decisiones en problemas mal estructurados, aplicando una de las metodologías de estructuración de problemas sobre uno de los métodos de diseño curricular que soporte la toma de decisiones en el proceso de desarrollo de programas académicos en instituciones de educación superior, que proporcione una base con fundamento para que las decisiones en relación al diseño curricular se tomen con confianza y de manera coherente (Ormerod, 2014), y que suministre una solución óptima a partir de los elementos de base que se han establecido (Cronin, Midgley, & Skuba Jackson, 2013).

Para el proceso de contextualización sobre el proceso de análisis de decisiones, la investigación se encuentra organizada partiendo de la introducción al análisis y toma de decisiones, siguiendo con la definición problemas de decisión y sus tipologías, las metodologías de estructuración de problemas de decisión y finalmente, la implementación de métodos de solución de problemas de decisión.

El capítulo 1, Análisis y Toma de Decisiones, habla de la ciencia de la decisión, las teorías que la fundamentan y la forma como se integraron para lograr que el concepto emergiera como disciplina que contempla la incertidumbre, la complejidad y los múltiples decisores.

El capítulo 2, Tipología de los Problemas, define las diferentes tipologías de problemas a los que se enfrentan los tomadores de decisiones, mientras que en el capítulo 3, Estructuración de Problemas y Metodologías, se describe la importancia de estructurar el problema de decisión y se presentan algunas de las metodologías existentes en la literatura para abordarlos.

Previo al proceso de implementación de métodos de solución de problemas, para el caso particular de esta investigación, se hace necesario desarrollar en el capítulo 4, Diseño Curricular Profesional, el concepto de diseño curricular y algunos de los modelos contemplados para este proceso.

Con estos antecedentes, el capítulo 5, Propuesta Metodológica y Caso de Aplicación, determina la propuesta metodológica propuesta en esta investigación para el proceso de Toma de Decisiones en Problemas Mal Estructurados, el Caso del Diseño Curricular en Instituciones de Educación Superior, y se presenta un caso de aplicación.

Finalmente, los capítulos 6 y 7 contienen las conclusiones y las limitaciones o futuras investigaciones que se derivan del desarrollo de esta tesis.

1. Análisis y Toma de Decisiones

El análisis de decisiones es un proceso sistemático que trata de "combinar la filosofía, metodología, práctica y aplicación", en un marco lógico que permita estructurar los juicios y las preferencias para ser aplicadas en la resolución de un problema ya sea particular, organizacional o gubernamental (Howard, 1968).

Se define también, al análisis de decisiones, como una filosofía que articula el uso de metodologías, un conjunto de axiomas lógicos establecidos alternativamente para brindar principios, preferencias, juicios subjetivos, probabilidades, utilidades y procedimientos sistemáticos; para estudiar las complejidades inherentes a los problemas de decisión (Keeney, 1982).

Como disciplina de las Ciencias de la Decisión, el análisis de decisiones emplea nociones y teorías de la psicología, la economía, la teoría de juegos, la investigación de operaciones, las matemáticas y la estadística; para proporcionar gran parte de las bases conceptuales relacionadas con la toma de decisiones individuales (Edwards, 1954).

Temas de economía como la teoría de la utilidad para explicar las preferencias del consumidor, en investigación de operaciones la modelación y el análisis de sistemas que fue aplicado como estrategia a la solución de problemas reales, y la rápida evolución de las matemáticas para tratar de formular problemas complejos; fueron fundamentos para realizar una distinción entre la teoría de decisiones como se concebía en sus orígenes, y el concepto como disciplina del análisis de decisiones, que emerge en los años 60's para incorporar, además, los temas de complejidad a los problemas del mundo real (Miles, 2007).

La disciplina de las Ciencias de la Decisión, trae a colación el proceso racional de toma de decisiones para proveer herramientas, metodologías y alternativas concretas y exitosas que den solución al análisis de decisiones, abarcando y entrelazando los tópicos de incertidumbre, estructura y preferencias (Howard, 1968).

Con la integración de nociones de varias disciplinas, los elementos relacionados con la naturaleza del problema y los factores de subjetividad que se encuentran presente en la búsqueda de una mejor solución a los problemas; el proceso de análisis y toma de decisiones, plantea herramientas analíticas que consideran la disponibilidad de recursos y las limitaciones intelectuales, al mismo tiempo que se

enriquece, al incluir como elementos la experiencia, la perspectiva y evidencia empírica del tomador de decisiones; interrelación que ha hecho posible que el análisis de decisiones tenga aplicaciones en la teoría organizacional, análisis de conflictos, teoría política, entre otras (Miles, 2007).

A continuación, se ampliarán cada uno de los conceptos y se realizará una descripción del aporte realizado a la disciplina del análisis de decisiones.

1.1. La Economía; Teoría de Juegos e Investigación de Operaciones en las Ciencias de la Decisión

La economía contribuyó con el desarrollo de la teoría de la decisión a través de la teoría de la utilidad, la teoría de juegos por medio de la maximización de la utilidad, y la investigación de operaciones con el concepto de optimización.

La teoría de la utilidad propició nuevos estudios que se basaron en las matemáticas y estadística y que posteriormente derivaron en modelos de ciencias de la administración e investigación de operaciones que son aplicados en la toma de decisiones (Simon, 1959).

En esta teoría, la utilidad se mide en términos de placer en una escala cardinal que busca maximizar la cantidad de bienes para un mayor número de individuos (Miles, 2007). Con aportes de la economía y la psicología, la teoría del comportamiento individual, hace referencia al concepto de maximización para explicar que el individuo "siempre selecciona la mejor alternativa de todas aquellas posibles, según su apreciación" (Edwards, 1954).

La elección que realiza el individuo busca la maximización del hombre económico, que fundamentada en términos del hedonismo, explica que la persona prefiere el placer en lugar del sufrimiento; y cualquier punto de la escala entre el mínimo y el máximo es denominado curva de indiferencia. Para la toma de decisiones individual, la curva de indiferencia estructura la teoría de elección bajo riesgo (Edwards, 1954). A través de la teoría de la utilidad se miden las preferencias en función del riesgo, y se modelan en la denominada curva de indiferencia para facilitar el proceso de toma de decisiones (Miles, 2007).

Por su parte, "la teoría de juegos es el instrumento propio por el que se desarrolla la teoría del comportamiento económico", visto en términos de la maximización de

la utilidad, y en la que se aplican nociones de las matemáticas a las estrategias de juegos (Morgenstern, 1976; Von Neumann & Morgenstern, 2007).

La teoría de juegos permite asignar distintas probabilidades a cada uno de los riesgos que involucra una elección, lo que resalta el concepto de utilidad esperada. Significa que las personas que presentan un comportamiento consistente, priorizan las alternativas tomando decisiones bajo riesgo que les permitan maximizar la utilidad esperada (Simon, 1959).

Los juegos de azar, también estudiados desde las matemáticas, fueron los pilares para explicar que las elecciones deben responder a la maximización del valor esperado y que además involucran el tema de riesgo en las decisiones (Edwards, 1954). Una forma de explicar el comportamiento racional en situaciones que involucran conflicto, astucia y negociación, es abordado desde la teoría de juegos (Simon, 1959).

En la teoría de juegos, los jugadores toman la decisión de la jugada conociendo el movimiento anterior realizado por el otro jugador, el orden en que cada uno de ellos juega y la función de pago de todos los jugadores; basándose en el supuesto que son racionales e inteligentes y que buscan maximizar el valor esperado en el siguiente pago o movimiento, el cual es medido en una escala de utilidad. Así, el jugador asigna un número a la utilidad de varios posibles resultados esperados, de tal manera que siempre elija la opción que maximiza su utilidad esperada al responder a las estrategias de otros jugadores; resultado que es nombrado teorema de la maximización de la utilidad esperada (Myerson, 1991).

La solución del juego será el punto de equilibrio en donde los jugadores realicen una combinación de estrategias que representen el mayor beneficio para cada uno y que a su vez sean la mejor respuesta ante las estrategias de los otros jugadores; este corresponde al equilibrio de Nash (Liang & Xiao, 2013). Por intermedio de la percepción del mayor beneficio y del concepto de utilidad cardinal, la teoría de juegos brinda una herramienta conceptual para abordar la toma de decisiones bajo incertidumbre (Miles, 2007).

Finalmente, se tiene a la investigación de operaciones como una herramienta analítica con aplicaciones organizativas, considerada como "un método científico para proporcionar a los departamentos ejecutivos una base cuantitativa para las decisiones relativas a las operaciones bajo su control" (Miles, 2007). Por los distintos fines que tienen, el campo de la economía se concentró en la formulación de políticas y en la interacción entre los diferentes agentes, mientras que la

investigación de operaciones brinda soporte a la toma de decisiones usando herramientas computacionales (Murphy, 2016).

La investigación de operaciones está integrada por la estadística y teoría de probabilidades, las matemáticas y el modelado de sistemas, que a través del análisis soportado en la investigación científica, da estructura a modelos de optimización (Miles, 2007). Los primeros modelos de optimización fueron de economía y estaban estrechamente ligados a la investigación de operaciones. Las técnicas de optimización, la programación lineal y los métodos matemáticos para calcular los óptimos, fueron conceptos utilizados en ambas disciplinas (Murphy, 2016).

El punto de partida sobre el que se fundamenta el análisis en investigación de operaciones, es la comprensión real de la naturaleza del problema. Una vez se tenga una clara concepción del problema que se desea resolver, se da paso a la construcción y validación de modelos analíticos para optimizar el rendimiento de los sistemas, que es lo que finalmente se considera el mayor aporte de la investigación de operaciones al proceso de análisis y toma de decisiones (Miles, 2007).

Los modelos conceptuales simples junto con técnicas computacionales fueron el objetivo del hombre económico, el investigador de operaciones y el jugador en teoría de juegos cuyos conceptos convergen en "suposiciones implícitas o explícitas de simetría, continuidad e intercambio" que permiten el uso de métodos de cálculo y análisis para el desarrollo y aplicación de simplificación de la realidad (Shubik, 2002).

1.2. La Psicología en las Ciencias de la Decisión

De los conceptos de psicología empleados en las ciencias de la decisión, los juicios de valor, las heurísticas, los sesgos y las preferencias, constituyen los principales aspectos que contribuyen en el proceso de contextualización, entendimiento y significación del problema objeto de estudio.

Los juicios de valor y las decisiones se fundamentan en el sistema de creencias de las personas y en las acciones que se emprenderían para tomar decisiones bajo situaciones hipotéticas (Morton & Phillips, 2009). "El límite entre la percepción y el juicio es confuso y permeable: la percepción de un extraño como amenazante es inseparable de la predicción del daño futuro. El pensamiento intuitivo extiende la percepción como el procesamiento de las sensaciones actuales a los objetos del

juicio que no están actualmente presentes, incluyendo las representaciones mentales que son evocadas por el lenguaje. Sin embargo, las representaciones sobre las cuales funcionan los juicios intuitivos conservan algunas características de las percepciones: son concretas y específicas, y portan propensiones causales y una carga afectiva" (Kahneman & Frederick, 2002); y cuando se consigue que el sistema de creencias y percepciones de los individuos sea compatible, se obtiene la esencia de un juicio racional (Tversky & Kahneman, 1974).

Los prejuicios provenientes de las operaciones cognitivas, son el resultado de los procesos de percepción e ilusión que finalmente conforman los juicios y las impresiones. Adicionalmente, factores motivacionales y emocionales intervienen en la construcción de valoraciones que finalmente distorsionan los juicios inducidos por las expresiones de deseos, por los beneficios y las sanciones (Tversky & Kahneman, 1974).

Los sucesos son almacenados cognitivamente como eventos aislados y es por ello que a los individuos se les dificulta relacionar los códigos apropiados para detectar las ideas preconcebidas en sus propios juicios. Las personas tienen respuestas diferentes frente a la toma de decisiones, según la cantidad de evidencia que se suministre en el proceso (Tversky & Kahneman, 1974). Los juicios de valor en los que se basan para tomar la decisión, no se podrían tomar como un error porque se construye sobre los sesgos que se presentan por la carencia de información, en donde no se tiene control y no hay manera de evitarlo (Kahneman & Frederick, 2002).

Los problemas de decisión que se volvieron objeto de estudio, utilizaron para su análisis y comprensión los juicios de valor de expertos, que en muchas ocasiones involucraban varios especialistas de diferentes áreas que no contaban con la oportunidad para recopilar información de soporte para la toma de las decisiones, ya sea por el factor tiempo, por la disponibilidad de la misma, o la complejidad asociada con su estructuración (Raiffa, 2002).

Las operaciones mentales responden a valoraciones y percepciones que se emplean en la toma de decisiones con incertidumbre. Evaluar, tomar conciencia y comprender mejor las heurísticas y los sesgos permite una detección temprana de errores sistemáticos y predecibles que produciría una mejora en los juicios y decisiones bajo situaciones inciertas (Tversky & Kahneman, 1974).

Las personas toman decisiones basados en heurísticas y sesgos; las percepciones, las impresiones, probabilidades, representatividad y los juicios intuitivos en la

mayoría de los casos, dominan y determinan el proceso de toma de decisiones; "la dependencia de la heurística y la presencia de sesgos comunes son las características generales del juicio intuitivo bajo incertidumbre" (Tversky & Kahneman, 1974).

Los procesos heurísticos en las personas dependen de los sesgos asociados al proceso cognitivo, a las creencias y percepciones que limitan y distorsionan los procesos de decisión. Factores culturales y sociales están tan inducidos que pocos son los que alcanzan a percibir las reglas o códigos implícitos en estos tipos de comportamiento y transformar esos esquemas en asociaciones que permitan a los individuos identificar la parcialidad de sus reflexiones (Tversky & Kahneman, 1974).

La heurística potencia las "capacidades básicas del cerebro" con el "objetivo de tomar decisiones con mayor rapidez, asertividad y precisión que los métodos más complejos", y la forma en que se estructure el medio determina su éxito. Este mapa de racionalidad limitada emplea heurística para los procesos de decisión ya que en un mundo en constante cambio los modelos racionales no siempre pueden ser aplicados (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011).

El estudio del comportamiento de los individuos que contempla la interacción entre la psicología y la economía, abre un nuevo panorama alejado de la racionalidad perfecta, el cual consiste en uno de los fundamentos, y trae el enfoque en la economía del comportamiento y las expectativas adaptativas, las preferencias y creencias, y la evidencia experimental como supuestos para modelar la toma de decisiones (Laibson & Zeckhauser, 1998).

El modelo de utilidad esperada se convierte en el insumo principal en la toma de decisiones, y la transitividad de las preferencias, brinda nociones que explican la racionalidad de las elecciones. Las elecciones de los individuos en perspectivas de riesgo se determinan por la selección de la mayor utilidad esperada de los resultados (Tversky & Kahneman, 1981).

Las preferencias se construyen partiendo de probabilidades que son producto de las valoraciones que se asumen para cada objeto de elección, es decir, dar estructura y lineamientos que permitan combinar diferentes perspectivas, y esto no es más que la racionalización y justificación del análisis de decisiones como ciencia, que se basa en conceptos y teorías de decisión para buscar un proceso sistémico coherente que permita clarificar y modelar diferentes metodologías y técnicas que den soporte a la toma de decisiones (Morton & Phillips, 2009).

Las preferencias presentan una racionalidad limitada que depende altamente de la perspectiva individual, los hábitos, reglas y características personales. Las preferencias bajo riesgo, están ligadas a una búsqueda de resultados bajo la premisa de generación de una ganancia y la aversión a la pérdida. Propiciar un cambio en las opciones que se presentan a las personas, trasciende en la racionalidad de las preferencias y puede llevar a mejorar la calidad de las decisiones (Laibson & Zeckhauser, 1998; Tversky & Kahneman, 1981).

1.3. Las Matemáticas en las Ciencias de la Decisión

Como herramientas en procura de un orden lógico y racional, las matemáticas, la estadística, probabilidad, optimización (Miles, 2007) y la aplicación de estas en el campo de la Investigación de Operaciones brindan soporte numérico que respalda la priorización de las alternativas que se plantean desde las Ciencias de la Decisión.

El hombre matemático ha planteado numerosas herramientas a lo largo de la historia que van desde la geometría y trigonometría, el álgebra, el cálculo y las ecuaciones como soporte al análisis de decisiones (Miles, 2007). Dentro de las matemáticas, la estadística ha ocupado un importante lugar centrado en el concepto de probabilidad, que se ha considerado como el enfoque base para abordar los temas de incertidumbre y la aleatoriedad (Bonneau et al., 2014).

La toma de decisiones ha tenido constante evolución en busca de encontrar distintas formas de llevar a cabo un proceso racional. Desde el desarrollo del método científico, la tecnología como *la unión de la teoría racional y la práctica empírica*; el análisis de decisiones ha integrado la filosofía junto con conceptos estructurados que propendieran por el pensamiento lógico, incorporando las "matemáticas para modelar problemas de decisión, una medida de incertidumbre, una medida adecuada de preferencia y un enfoque para integrar todo esto" (Miles, 2007).

La estadística, la inferencia estadística y la teoría de la probabilidad proporcionaron grandes aportes a la toma de decisiones bajo riesgo a través de la interpretación del criterio maximin de teoría de juegos: "Esta teoría mostró que un orden de preferencia razonable sobre el conjunto de todas las estrategias concebibles puede ser representado por las utilidades esperadas de las estrategias, donde ahora no solo las utilidades, sino también las probabilidades para computar las expectativas se derivan del orden de preferencia" (Albert, 2003).

Esta es la visión de la estadística y la probabilidad con la que se permean los campos de la economía y las ciencias sociales, que contribuyeron con la teoría general del comportamiento y la referencia de racionalidad limitada o perfecta, y que trata de explicar las preferencias del individuo (Albert, 2003), como se ilustró en apartados anteriores.

Las matemáticas a través de la experimentación, la observación y la abstracción, permiten estructurar la información (Dossey, 1992); y a partir de un conjunto de alternativas disponibles que brindan no sólo las matemáticas y estadística sino otras ciencias, la aplicación de procesos de optimización, *basadas en los grandes avances de la ciencia computacional y los métodos de optimización matemática*, buscan la manera de combinar efectivamente las variables del sistema para tratar de encontrar la mejor solución a un problema (Nguyen, Reiter, & Rigo, 2014).

La combinación efectiva de variables que se conjugan para procurar la realización de un objetivo es lo que se conoce como proceso de optimización; y en la búsqueda para conseguir la mezcla de escenarios deseables, la simulación ofrece posibilidades a través de la iteración de procesos automatizados que encuentren soluciones subóptimas. Es de resaltar que el proceso de optimización será exitoso en la medida que se realice una buena etapa de formulación del problema; "situada entre las fronteras de la construcción de la ciencia y las matemáticas, esta tarea no es trivial y requiere un rico conocimiento de la optimización matemática, naturalezas de programas de simulación, rangos de variables de diseño e interacciones entre variables", entre otros, para garantizar que el método planteado para el proceso de optimización, entregará la opción de mayor factibilidad de acuerdo a las variables establecidas (Nguyen et al., 2014).

Pero no siempre los modelos basados en números pueden representar escenarios complejos con incertidumbre, como el caso de decisión de un gerente que desea desarrollar una nueva línea de bolsos. Los modelos matemáticos, estadísticos y computacionales han dado un paso más para contemplar lenguajes naturales para articular el pensamiento y las percepciones subjetivas, por ejemplo a través de la lógica difusa y los procesos de computación con palabras (Martínez & Herrera, 2012). Con esto se puede observar, que las matemáticas y algoritmos empleados en computación, no son herramientas estáticas, sino que evolucionan de acuerdo a los requerimientos del análisis de decisiones.

Los modelos de lógica difusa se presentan como alternativa para gestionar la incertidumbre cuando ésta no se puede formalizar en términos probabilísticos sino modelar mediante el uso de información lingüística (Martínez & Herrera, 2012). Los

conjuntos difusos permiten administrar la indeterminación subjetiva cuando se presenta escasez de datos estadísticos mediante la incorporación de expertos que, a través de sus creencias y juicios de valor, asignan probabilidades subjetivas como soporte al sistema de toma de decisiones (Ke, Su, & Ni, 2015).

Así, se puede percibir que los problemas de decisiones son complejos e inciertos de varias maneras, faltos de información y con incertidumbre, lo que puede ocasionar distorsiones en el sistema (Mardani, Jusoh, & Zavadskas, 2015). Como mecanismo para el análisis, la simplificación de los componentes puede conseguir mejorar el manejo de los problemas, y para ello, "los expertos pueden recurrir a simplificaciones estratégicas debido a su experiencia previa. Según la sabiduría contemporánea de construcción de modelos, encontrar las simplificaciones correctas es un arte, no una ciencia; involucra conocimiento tácito y requiere expertos en el campo" (Albert, 2003).

1.4. Conclusión

El análisis de decisiones ha interrelacionado conceptos y teorías para estudiar de manera sistemática y analítica los problemas reales que se presentan en ambientes de incertidumbre, dinámicos y donde intervienen múltiples agentes. La evolución que se ha dado dentro de la disciplina del análisis de decisiones, ha permitido que los problemas se aborden desde su perspectiva más simple, con problemas bien definidos y estructurados, con personas y organizaciones completamente informadas y con las herramientas adecuadas para enfrentar el proceso de toma de decisiones; hasta los ambientes complejos que conllevan problemas sin definición, faltos de estructura, que involucran incertidumbre, son complejos, dinámicos, multi objetivo y multi criterio (Howard, 2007).

El progreso que se ha dado, busca dar estructura y soporte al análisis y toma de decisiones que cada vez permea más campos de aplicación. Ahora la discusión se planteará en torno a la definición del problema de decisión, pues si bien en este apartado sólo se ha esbozado este asunto como punto crucial para dar inicio con las propuestas de modelación de los procesos de toma de decisiones, la importancia radica en que muchos de los agentes no tienen una clara comprensión del problema que debe resolverse y terminan resolviendo una idea diferente a la inicial, por ello, para tener un mejor entendimiento de esta noción en la siguiente sección, se abordará la naturaleza del mismo y la tipología sobre la forma como se encuentra definido el problema.

2. Tipología de los Problemas

El análisis de decisiones se ha apoyado en la psicología para ayudar a comprender el comportamiento del hombre, ha utilizado diferentes herramientas numéricas y computacionales; pero el tratamiento de los problemas requiere, además, que estos se aborden de manera integral como un *sistema de problemas* que se encuentran interrelacionados e interconectados con otros problemas. La solución será un proceso continuo de seguimiento que debe considerarse como un sistema con capacidad de pensar y de gestionar de forma sistémica, donde los métodos tradicionales de solución óptima no pueden ser aplicados (Ackoff, 1977).

El proceso de análisis para la toma de decisiones ha evolucionado para considerar los problemas de diferentes tipologías, como los bien estructurados y los mal estructurados. Los problemas bien estructurados son aquellos que por su estructura se encuentran bien definidos, con información disponible y procesos mecanizables para representar la situación a resolver; mientras que los problemas mal estructurados son aquellos que en algún sentido carecen de claridad en alguno de sus componentes (Simon, 1973), y de acuerdo al contexto pueden nombrarse problemas mal estructurados, mal definidos o wicked.

Inicialmente, el campo del análisis de decisiones consideraba los problemas bien estructurados para realizar el proceso de solución; posteriormente al enfrentar situaciones cotidianas, cobró gran relevancia el estudio relacionado con los procesos de formulación, con la calidad y la aproximación de la conceptualización de los problemas, evidenciando que *la actividad de resolución de problemas reales se debe desarrollar paralelo a la concepción de la estructura del mismo y no posterior a la aplicación de la de la formulación como problema bien estructurado* (Simon, 1973).

Para tener una mejor comprensión sobre la tipología de estructuración de los problemas, a continuación, se presenta una descripción sobre las siguientes clasificaciones: bien estructurados, mal estructurados, mal definidos y wicked.

2.1. Problemas Bien Estructurados

Los problemas bien estructurados se definen como aquellos que cuentan con "información completa, son repetitivos o rutinarios. En problemas bien estructurados los objetivos están claramente establecidos y las alternativas de solución son generalmente obvias" (Simon, 1973).

Los problemas bien estructurados tienen una descripción definida y cuentan con un entorno, un conjunto de reglas y unos operadores cuyas relaciones determinan el grupo de características que deben estar presentes para que se logre el objetivo (Greeno, 1976).

La descripción de los problemas bien estructurados involucra objetivos, restricciones, operadores y simulaciones computacionales claramente establecidos (Voss, 2006).

De acuerdo a las perspectivas de los tres (3) autores mencionados en los párrafos inmediatamente anteriores, los problemas que se encuentran bien estructurados cuentan con unas características principales que ayudan a esclarecer la tipología del problema que va a resolverse, las cuáles son presentadas a continuación:

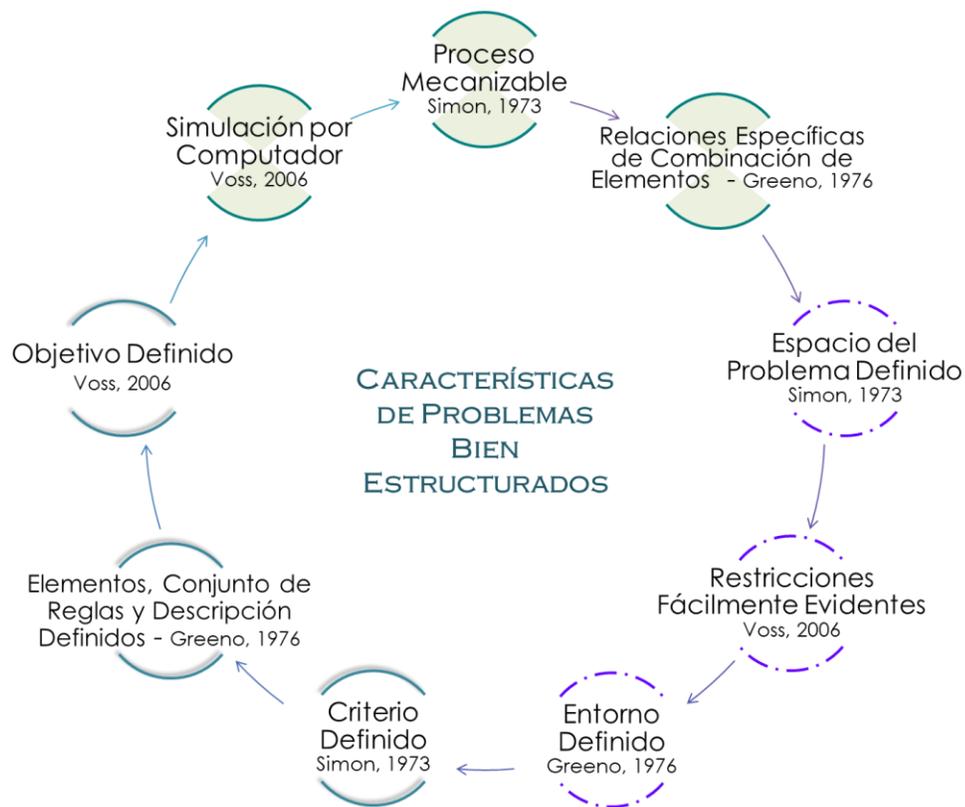


Ilustración 1. Características de Problemas Bien Estructurados

Fuente: (Greeno, 1976; Simon, 1973; Voss, 2006)

Los elementos presentados en la Ilustración 1 de *Características de Problemas Bien Estructurados*, por análisis e inferencia, se han agrupado en tres (3) subconjuntos que guardan similitud en cuanto a su significado: un grupo que se preocupa por la definición clara de los componentes del problema, otro por la delimitación del área y un último subconjunto, por el uso de herramientas de apoyo para el procesamiento de la información.

Además de las características comunes, cada uno de los autores emplea otra serie de atributos como mecanismos de verificación que permita evidenciar que se encuentra frente a un problema bien estructurado.

Según Simon (1973) los problemas bien estructurados presentan una relación entre "las características de un dominio de problema" y "las características implícitas o explícitas de mecanismos de solución de problemas". Afirma que la información se encuentra disponible durante el proceso y que se pueden tener transiciones entre los estados alcanzables para representar un espacio del problema, la meta o el punto de vista del solucionador de problemas.

Por su parte, Greeno (1976), habla explícitamente de los operadores como factores de transformación de un estado del problema a otro; y hace referencia al problema objetivo como la descripción de cada uno de los criterios que son requeridos para conseguir el logro del fin propuesto.

Para Voss (2006), los operadores son herramientas de tipo matemático, de orden lógico, de movimiento o de teoría de juegos que faciliten una organización racional y metódica de elementos. La solución para este tipo de problemas bien estructurados, es un consenso entre los tomadores de decisiones que participan en el proceso colectivo.

Al analizar los criterios de definición establecidos por Simon (1973), Greeno (1976) y Voss (2006) para los problemas bien estructurados, se resaltan los límites espaciales, los factores y las variables que intervienen en el proceso de decisión, los cuales son conocidos y finitos. Estas restricciones no guardan coherencia con las situaciones del mundo real al que se debe enfrentar un tomador de decisiones, y es debido a esto, que las definiciones de problemas mal estructurados, mal definidos o wicked, buscan brindar una aproximación a la formulación y el planteamiento del problema al considerar situaciones de incertidumbre, complejidad y múltiples decisiones, además de evidenciar la necesidad de contar con procesos de estructuración de problemas.

2.2. Problemas Mal Estructurados

Los problemas mal estructurados son aquellos que “carecen de definición en algún sentido”, cada vez que se introducen nuevos aspectos o elementos el problema es objeto de reestructuración y por ende, es considerado como un “concepto residual” de los problemas bien estructurados (Simon, 1973).

Para ilustrar el concepto se puede tomar como ejemplo una partida de ajedrez, donde la jugada inmediata puede definirse como un problema bien estructurado porque se conoce con precisión la posición de las fichas y la movida que acaba de realizar el contrincante; pero es un problema mal estructurado en el tiempo, en el largo plazo, precisamente porque se desconocen cuáles serán todas las movidas que realizará el adversario (Simon, 1973).

Los problemas mal estructurados presentan incertidumbre, son complejos, se encuentran mal definidos o su definición encierra discrepancias, las herramientas para estructurarlos son insuficientes, existen varios stakeholders con diferentes intereses, información, experticia y perspectiva del problema que se encuentran interconectados y no siempre organizados de manera sistémica. Generalmente estos factores llevan a que los esfuerzos para tratar de resolver problemas mal estructurados no tengan resultados satisfactorios (Gray, 1989).

Los problemas mal estructurados no tienen una solución única sino múltiples posibilidades y vías de solución de acuerdo a la naturaleza del problema y a los requerimientos y percepciones de los expertos que se encuentren involucrados en el análisis de la decisión (Hong, 1998).

Los enfoques planteados por Greeno (1976), Voss (2006) y Mingers (2011) destacan una serie de atributos relevantes que se encuentran presentes en los problemas mal estructurados y son presentados a continuación:



Ilustración 2. Características de Problemas Mal Estructurados

Fuente: (Greeno, 1976)

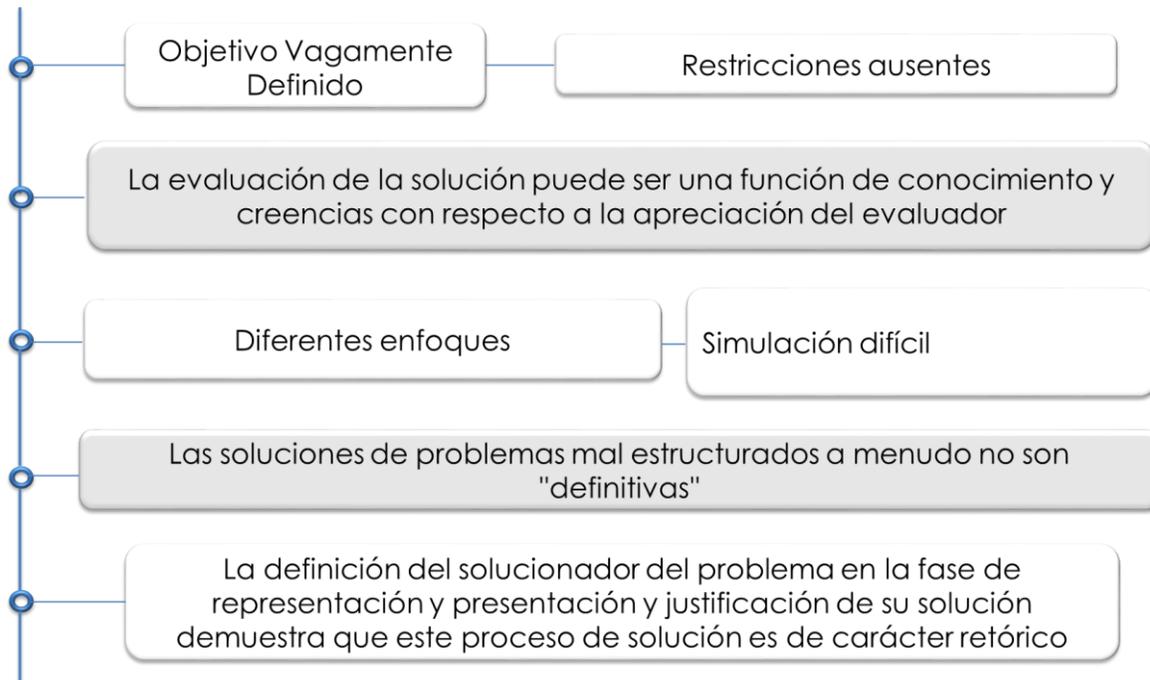


Ilustración 3. Atributos de Problemas Mal Estructurados

Fuente: (Voss, 2006)



Ilustración 4. Aspectos Relevantes de los Problemas Mal Estructurados

Fuente: (Mingers, 2011)

Rosenhead and Mingers (2001) resumen como aspectos relevantes de los problemas mal estructurados la multiplicidad de actores, perspectivas, los conflictos de intereses que se presentan y la incertidumbre. Posteriormente, Mingers (2011) afirma que *el proceso principalmente es uno de aprendizaje y de negociación en lugar de uno de solución técnica de un problema.*

En los problemas mal estructurados, para Voss (2006), las restricciones del problema normalmente no se encuentran en el planteamiento del mismo, sino en la posibilidad de que estos pueden ser abordados de diferentes maneras, de acuerdo con los conocimientos, las creencias y las actitudes del solucionador de problemas; y por el tamaño de la base de datos y las dificultades de acceso a la información, se hace difícil la simulación.

Greeno (1976) sintetiza los problemas mal estructurados como complejos, no rutinarios y de difícil definición. Generalmente los datos no se encuentran disponibles y los actores, objetivos y posibles soluciones no son evidentes.

La descripción de los problemas mal estructurados presentada por los diferentes autores en este apartado, presentan tres (3) características comunes: Objetivo vagamente definido, incertidumbre y múltiples stakeholders. Son el tipo de problemas que se encuentran en la práctica cotidiana, por lo que suelen presentar dilemas emergentes de acuerdo al contexto en el que se presenten (Jonassen, 1997).

Una vez se logra el proceso de estructuración del problema este se convierte en un problema bien estructurado que puede ser objeto de solución, por ello no es extraño pensar que todos los problemas de la vida real se encuentran mal estructurados y sólo después del proceso de estructuración es que se logra su concepción y se formaliza su posible solución (Simon, 1973).

2.3. Problemas Mal Definidos

El concepto residual base para especificar los problemas mal definidos es que estos carecen de un proceso sistemático para verificar que la solución propuesta es aceptable. De los campos de la Inteligencia Artificial y la Toma de Decisiones en situaciones bajo Incertidumbre proviene un alto porcentaje de la literatura que hace referencia a los problemas mal definidos (Lynch, Ashley, Alevan, & Pinkwart, 2006).

Estos carecen de una representación del problema, de una determinación clara relacionada con la formulación del problema y por ende la búsqueda de solución se convierte en un reto. El desafío es transformar los problemas mal definidos en uno que pueda ser objeto de análisis, e incluso en este difícil proceso el "camino de la solución puede permanecer difuso" y "dar lugar a más de una solución correcta" (Pretz, Naples, & Sternberg, 2003).

Para Lynch, et al., (2006) un problema está mal definido si el solucionador de problemas no tiene acceso completo a la descripción de los requisitos del problema y de todos los conceptos, características relevantes o elementos del problema. Las características distintivas de los problemas mal definidos se enuncian a continuación:

- 1 La respuesta depende en gran medida de la concepción del problema.
- 2 Carecen de una respuesta definitiva.
- 3 La resolución de problemas requiere tanto la recuperación de conceptos relevantes como del mapeo de ellos para la tarea en cuestión.
- 4 Dependen de la habilidad del solucionador para identificar una respuesta específica.
- 5 La existencia de una red completa de los problemas a los que se relaciona el original problema mal estructurado.
- 6 El hecho de que las soluciones alternativas al problema no son evidentes.

Ilustración 5. Distintivos de Dominios Mal Definidos

Fuente: (Lynch et al., 2006)

Los problemas mal definidos no cuentan con un planteamiento claro de los subcomponentes que lo integran y comúnmente el planteamiento trae consigo suposiciones o inferencias que realiza quien se encuentra abordando el problema. Por ello “los problemas mal definidos a menudo requieren un cambio radical en la representación” con el ánimo de superar limitaciones e ir “descubriendo nuevas soluciones a un problema común” (Pretz et al., 2003).

Para dar estructura a un problema mal definido, se requiere un proceso constante de transformación en donde se re caractericen el diseño, las metas y las restricciones hasta conseguir un espacio consensuado con los elementos y especificaciones que respondan a las necesidades y expectativas de los tomadores de decisiones (Lynch et al., 2006).

Los problemas mal definidos requieren una solución de *naturaleza retórica* enmarcados en un ciclo de descomposición de la unidad en subproblemas y subobjetivos, que faciliten el proceso de caracterización en cada una de las fases, y permitan al tomador de decisiones ir encontrando soluciones parciales (Voss, 2006).

Generalmente en este tipo de problemas debe trabajarse en el enunciado, planteamiento, objetivos y alcance para contar con una definición más precisa que permita la aplicación de alguna resolución. La definición de un problema puede requerir tanto replantear una nueva representación del mismo y, por ende, una nueva solución que dé respuesta a ese nuevo planteamiento. Esta tipología de problemas no responde a una estrategia de solución evidente (Pretz et al., 2003).

La lista de criterios con los que Voss (2006) identifica que se encuentra frente a un problema mal definido son los siguientes:



Ilustración 6. Criterios de Problemas Mal Definidos

Fuente: (Voss, 2006)

En los procesos de reconocimiento, definición y representación del problema “influyen factores metacognitivos” directamente ligados a varias variables como “el conocimiento, procesos y estrategias cognitivas, las diferencias individuales en la capacidad y la disposición, así como los factores externos tales como el contexto social” que influyen en el rendimiento de resolución de problemas (Pretz et al., 2003).

Las diferentes percepciones recogidas en el apartado, coinciden en que los problemas mal definidos van a depender del tomador de decisiones para darle estructura no sólo al proceso de diseño y definición del problema, sino al de resolución del mismo; por ende, en un sistema subjetivo de análisis de decisión.

Para Hong (1998) el espacio de los problemas mal estructurados difiere de los mal definidos en que los problemas mal definidos pueden no permitir una estrategia de solución clara, pero pueden permitir respuestas correctas individuales sobre las que expertos cualificados estarían de acuerdo. Lynch, et al., (2006) sin embargo declara que los términos mal estructurados y mal definidos son sinónimos y por ende su utilización es indistinta en la literatura.

2.4. Problemas Wicked

Inicialmente Horst Rittel fue quien utilizó el término para referirse al nivel de complejidad de un problema que "evoluciona a medida que las nuevas soluciones posibles son consideradas y / o implementadas". Estos problemas no pueden ser resueltos de forma tradicional y a menudo se desarrolla en un contexto social que "refleja la diversidad entre las partes interesadas en el problema" (Rittel & Webber, 1973).

Existe variada literatura sobre los problemas denominados wicked, pero coinciden en mantener la definición dada por Rittel en donde afirma que estos son la "clase de problemas del sistema social que están mal formulados, donde la información es confusa, donde hay muchos clientes y tomadores de decisiones con valores conflictivos, y donde las ramificaciones en todo el sistema son completamente confusas" (Churchman, 1967).

La orientación para los problemas wicked es subjetiva porque involucra personas que son los *sistemas de adaptación más complejos* conocidos que compiten, cooperan, reflexionan, cambian de posición y como partes interesadas en el proceso de toma de decisiones, tienen diferentes perspectivas sobre la posible solución; motivo por el cual estos problemas no tienen una formulación ni una solución definitiva (Ritchey, 2013).

Los problemas wicked presentan un enfoque de indeterminación fundamental debido a la inexistencia de condiciones o límites definitivos para los problemas de diseño, ya que dependerán de la concepción realizada por el diseñador (Buchanan, 2010).

El patrón natural de comportamiento de las personas en procesos de resolución de problemas complejos es irregular, representa oportunidades de indagar y conocer sobre el dominio del problema y marca inteligencia y un proceso de aprendizaje creativo (Conklin, 2001).

Ritchey (2013) afirma que estos son problemas complejos de planificación social y que son sobre *personas, intereses creados y política. Como tales, son tan viejos como la sociedad humana en sí misma*. Buchanan (2010) por su parte, manifiesta que los problemas wicked se pueden aplicar a cualquier área de la experiencia humana, mientras que Conklin (2001) expone que los ambientes socialmente complejos en los que se dan estos problemas dificultan el proceso de

comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados que intervienen en el proceso de análisis y toma de decisiones.

Rittel y Webber (1973) listan 10 características que poseen los problemas wicked, que son aceptadas y tomadas por diversos autores que abordan esta tipología de problemas, y que se registran en la siguiente ilustración:

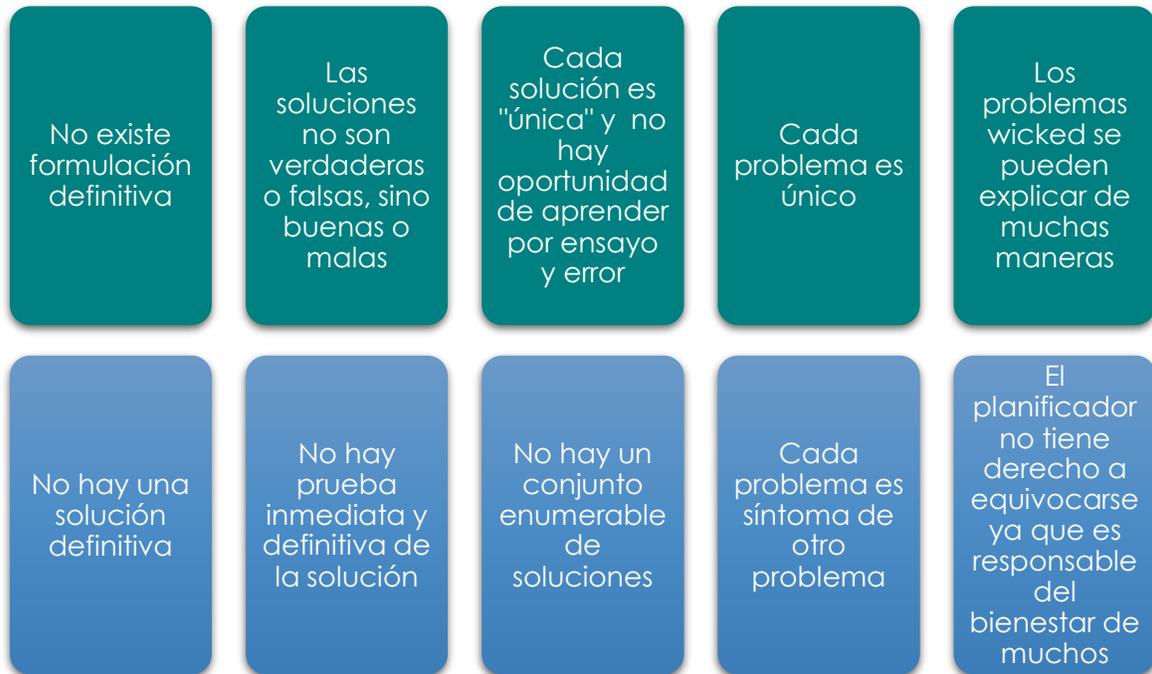


Ilustración 7. 10 Características de Problemas Wicked

Fuente: (Rittel & Webber, 1973)

Conklin (2001) dice que estos criterios son más descriptivos que definitorios y que se han establecido para tener una idea de los diferentes elementos que contribuyen para que un problema sea considerado wicked. Buchanan (2010) expresa que las características son las propiedades que plantean una descripción de la realidad social del diseño del problema que se desea abordar y Ritchey (2013) manifiesta que éstas deben percibirse como 10 perspectivas heurísticas que ayudarán a comprender mejor la naturaleza del problema wicked.

El foco de discusión de estos problemas radica es en la complejidad social y no en la técnica, de allí la dificultad para encontrar un único enfoque de solución ya que no se presenta una enunciación clara del problema. Los problemas complejos cuentan con una gran cantidad de factores y condiciones integrados en un

contexto social dinámico que hace que cada problema sea único, novedoso y exhorte una solución diseñada a la medida (Rittel & Webber, 1973).

El arte para navegar con problemas wicked radica en entender y aceptar una gran cantidad de causalidad mutua y circular que se da en las diferentes etapas de análisis de información, y en la capacidad de emitir juicios complejos para determinar un nivel adecuado de abstracción de la realidad necesaria para definir el problema (Ritchey, 2013).

Los problemas complejos se han constituido para clasificar todas aquellas situaciones objeto de solución en la que intervienen actores sociales y factores culturales con requisitos incompletos, contradictorios y cambiantes “que son demasiado complejos para ser resueltos mediante procesos sistemáticos racionales” (Ballard & Whelton, 2012).

2.5. Conclusión

Luego de presentar la descripción de las tipologías de problemas bien estructurados, mal estructurados, mal definidos y wicked, se puede inferir que gran parte de la actividad humana se enfrenta con situaciones en las que el proceso de análisis y toma de decisiones en el mundo real, presenta elementos de complejidad, incertidumbre y múltiples stakeholders que dificultan no sólo el proceso de estructuración del problema que desea abordarse, sino la resolución del mismo; características que se encuentran enmarcadas en las definiciones de los problemas mal estructurados, mal definidos y wicked.

Por la connotación social que presentan los problemas wicked, para efectos de esta investigación, esta será la tipología desde donde se tomará la perspectiva de caracterización del problema de diseño curricular, con la que se buscará integrar la diversidad de criterios y partes interesadas en un contexto dinámico.

El siguiente capítulo, presenta algunas metodologías de estructuración de problemas que se encuentran en la literatura, como mecanismos para abordar las tipologías de problemas mal estructurados, mal definidos o wicked.

3. Estructuración de Problemas y Metodologías

La identificación del problema es la primera etapa en el análisis y toma de decisiones. Comprender los diferentes componentes de los problemas, las relaciones que se presentan entre ellos, los distintos actores que intervienen y sus puntos de vista, va a propiciar un mejor entendimiento de la situación problemática. Esto, favorecerá la aplicación de modelos de representación para proveer una estructuración que suministre elementos suficientes en el proceso de toma de decisiones *sobre una base coherente y con suficiente confianza para hacer los compromisos necesarios durante el proceso de análisis* (Ormerod, 2014).

La conceptualización y representación del problema debe ser lo suficientemente estudiada y aclarada, ya que de ello dependerá la evaluación de las diferentes alternativas de solución y la aplicación del posible tratamiento, y si se queda corta la definición, como consecuencia se tendría una limitación en las opciones de elección (Mehmood, 2015).

Frente a la ambigüedad o imprecisión que pueden presentar algunos problemas, deben presentarse medidas graduales que permitan evaluar varias alternativas de análisis, determinar o eliminar restricciones, realizar ajustes en los parámetros y desintegrar los problemas en pequeños componentes para lograr un mejor entendimiento y estructuración del mismo (Millet & Gogan, 2006).

El análisis va a permitir un entendimiento objetivo del problema, teniendo en cuenta las múltiples perspectivas y la formulación que se considere, para dar paso a una solución que no se califica como correcta o incorrecta, sino óptima de acuerdo a los elementos de base que se han establecido (Cronin et al., 2013).

La estructuración de problemas hace referencia a la "identificación de conceptos y actividades relevantes para la situación problemática", de acuerdo a las perspectivas de los tomadores de decisiones y teniendo en cuenta información disponible (Franco, 2006); identificar las relaciones, las conexiones que faciliten aclarar los enlaces e interacciones, y generar una serie de alternativas que permitan determinar el espacio y alcance del problema a resolver.

Estructurar la situación problemática de manera adecuada, con base en las restricciones presentes, hará que las soluciones propuestas apunten a resolver el problema correcto, de lo contrario se estará brindando una solución a una situación problemática equivocada (Mehmood, 2015).

La necesidad de estructurar los problemas y la complejidad e incertidumbre del mundo real requiere de un proceso de negociación entre las partes y una representación del entendimiento que se tenga del mismo. La aplicación de los métodos cualitativos, o los llamados blandos de la investigación de operaciones, generalmente diagramáticos y fundamentados en un modelado riguroso, va a *permitir que se expresen y exploren una serie de puntos de vista distintivos y que abarquen objetivos múltiples y contradictorios, cuyo objetivo es la exploración, el aprendizaje y el compromiso en lugar de la optimización* (Mingers, 2011).

Si la estructuración del problema no se analiza a fondo, la formulación será superficial y estará abordando los síntomas de la situación objeto de estudio. Esto implicará que las propuestas de solución que se presenten, estén encaminadas a resolver los efectos parciales de corto plazo, pero no la causa del problema, porque realmente, éste no ha sido identificado, lo que a largo plazo desencadenará la reaparición del mismo (Mehmood, 2015).

El modelado se convierte en un facilitador en la transformación de una situación problemática mal estructurada en donde se interceptan múltiples criterios de decisión, muchas veces en conflicto, incertidumbre y un ambiente en constante cambio, hasta lograr una visión sistémica y holística del problema (Zhang, Qiao, & Zhu, 2014).

La representación por medio de los modelos proporciona una base con fundamento para que las decisiones se tomen con confianza y de manera coherente de acuerdo a las premisas establecidas (Ormerod, 2014).

En la literatura, los Métodos de Estructuración de Problemas (PSM por sus siglas en inglés) son necesarios en situaciones complejas que involucran múltiples actores, criterios, objetivos, intereses en conflicto e incertidumbre. Utilizan elementos para representar la situación problemática, la hipótesis que a juicio de los stakeholders es la de mayor relevancia y las diferentes actividades que integrarán el proceso de toma de decisión (Cronin et al., 2013). Generalmente los modelos son de tipo cualitativo y su construcción es participativa y colaborativa en pro de buscar una solución innovadora (Lami, Abastante, Bottero, Masala, & Pensa, 2014).

Los PSM son los mecanismos que de alguna forma pretenden modelar los problemas caóticos de la vida real que son caracterizados por el conflicto, la incertidumbre y la complejidad para brindar un mejor entendimiento del problema, el contexto y el entorno (Mehmood, 2015).

Estructurar una situación problemática es una competencia estratégica que debe tener el tomador de decisiones para procurar reducir la complejidad y orientar la resolución correcta de la situación de conflicto (Ormerod, 2014). En la medida que se vaya consiguiendo una mejor definición de la hipótesis, los objetivos, suposiciones, el alcance, el ámbito de aplicación y la diversidad de puntos de vista, pueden perfilarse algunos parámetros y procesos a seguir, posibles técnicas a emplear y así conseguir una mejor estructuración no sólo del problema sino de los resultados de la decisión (Millet & Gogan, 2006).

Es fundamental entonces, que el tomador de decisiones se encuentre frente al problema correcto, y para garantizarlo, el proceso de formulación debe de estar acompañado de métodos de estructuración de problemas que modelen el dominio y mejoren el proceso de toma de decisiones (Curtis, Dortmans, & Ciuk, 2006). Los diferentes aspectos, o dimensiones, de una situación problema se filtran en un proceso de estructuración que brinda distintas maneras de representar la situación (Mingers & Rosenhead, 2004).

Los PSM no son exactamente la solución, pero sí constituyen un mecanismo para estructurar los problemas complejos, bajo incertidumbre, que presentan múltiples intereses y en conflicto, que busca en un ambiente colaborativo propiciar un proceso de solución incluyente (Malan & Pretorius, 2015). A continuación se presenta una breve descripción sobre algunas de las metodologías presentes en la literatura: El Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA), la Decisión y Análisis de Opciones Estratégicas (SODA), el Enfoque de Elección Estratégica (SCA), la Heurística de Sistemas Críticos (CSH), la Planificación Interactiva (IP) y la Metodología de Sistemas Blandos (SSM), que se “fundamentan en la representación visual para apoyar el proceso” (Lami et al., 2014).

3.1. Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA)

El Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA por sus siglas en inglés) como su nombre lo indica, es un método que considera explícitamente múltiples criterios en el proceso de toma de decisiones (Mehmood, 2015) que pueden presentar aspectos conflictivos que deban manejarse al mismo tiempo y, en este punto, la decisión ya no es óptima sino satisfactoria (Guitouni & Martel, 1998).

El MCDA “hace posible visualizar las influencias percibidas que afectan el contexto de decisión, lo que resulta en un aumento de la transparencia del modelo y de ese modo en el aumento de la comprensión y la confianza en el propio modelo”. A

aspectos de decisión y producen respuestas inconsistentes; además, la percepción de estos conflictos influye en la estrategia cognitiva. Algunos métodos son: ELECTRE, PROMETHEE ORESTE, REGIME y MELCHIOR.

El método de ELECTRE clasifica una serie de alternativas descritas en términos de una serie de criterios por medio del uso de las "relaciones superiores" (Wang & Triantaphyllou, 2008). Los métodos Promethee, se basan en comparaciones por pares para cuantificar, cómo una acción supera a todas las acciones restantes ($p - 1$) y cómo una es superada por las otras ($p - 1$) acciones, a través de una función de preferencia (De Smet & Lidouh, 2012).

ORESTE es un conjunto de alternativas, construido por medio de la clasificación de criterios, con la finalidad de producir un rango de alternativas producto del análisis del conflicto y la indiferencia. El método REGIME consiste en una matriz construida con comparaciones por pares de alternativas, con indicadores de dominancia, equivalencia y no dominancia, y en donde se utilizan puntuaciones ponderadas para obtener una clasificación de los criterios. MELCHIOR es un método de relación binaria que determina criterios de importancia, con base en la construcción de índices de concordancia y discordancia (Aspen, Sparrevik, & Fet, 2015).

3.2. Decisión y Análisis de Opciones Estratégicas (SODA)

La Decisión y Análisis de Opciones Estratégicas (SODA por sus siglas en inglés) emplea mapas cognitivos como método para la identificación de los problemas a través de un proceso de representación de los diferentes puntos de vista de las partes interesadas y posterior comparación y socialización de los resultados obtenidos (Mingers & Rosenhead, 2004).

Este método busca diseñar un camino que suministre factores estratégicos y operativos, las relaciones y enlaces de acuerdo las diferentes perspectivas de quienes intervienen en el proceso, e identificar situaciones conflicto y desafiantes en la definición del problema que debe abordar el tomador de decisiones (Watkins, 2011).

El SODA realiza una identificación de las posibles causas y efectos que las partes involucradas ponen en conocimiento, y establece relaciones de conexión entre estas (Watkins, 2011). Estos mapas cognitivos se convierten en insumos para la elaboración de un diagrama integral que además de estructurar la situación problemática, involucra la comprensión, el análisis y la concertación de las

diferentes acciones que deben realizarse para brindar herramientas de solución estratégicas de soporte a las decisiones (Mingers, 2011).

El proceso de planificación de corto y largo plazo es soportado por la filosofía del SODA debido a que aborda "la complejidad del entorno organizacional dentro del cual formular una estrategia y la complejidad interna de formular una estrategia dada una amplia variedad de puntos de vista e intereses" y entrega una serie de alternativas de resolución y gestión de problemas que permiten fundamentar y estructurar las situaciones objeto de análisis. Es por ello que recientemente el SODA es dado a conocer como JOURNEY Making (Jointly Understanding Reflecting and Negotiating strategy) (Watkins, 2011).

El SODA parte de la construcción de los mapas cognitivos individuales que luego de ser combinados, se analizan para construir una cartografía grupal. Este proceso dinámico y cíclico ayuda a la definición del problema y gracias a la naturaleza del método, permite abarcar las variables de múltiples criterios, la complejidad y la incertidumbre que se encuentra presente en los problemas del mundo real (Sørensen & Valqui Vidal, 2008). La ilustración de la metodología SODA se presenta a continuación:

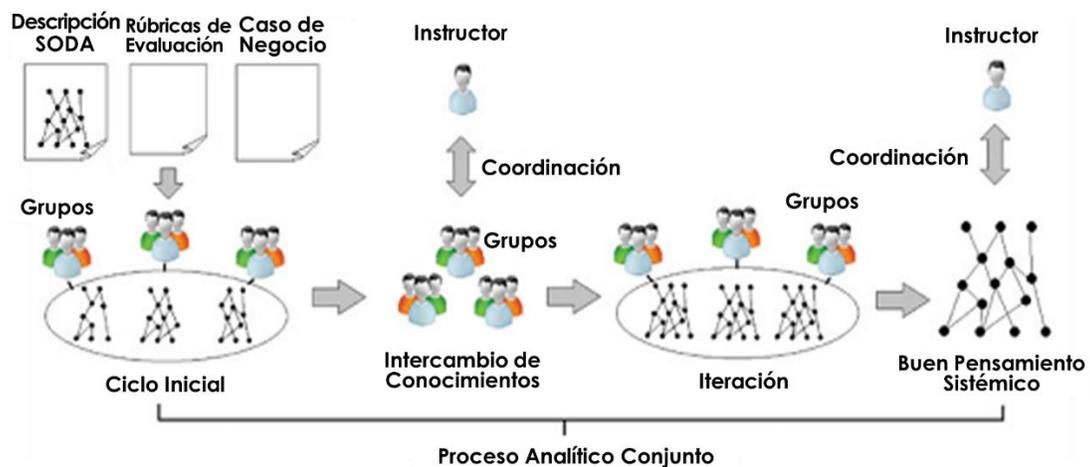


Ilustración 9. Mapa SODA soportado en Pensamiento Sistémico

Fuente: Wang, 2016.

En breve, el proceso de SODA se puede resumir de la siguiente manera (Sørensen & Valqui Vidal, 2008):

- Construcción de problemas individuales donde se entrevista a cada individuo del grupo sobre la situación del problema y se crean mapas cognitivos.
- Reconocimiento de problemas individuales donde se analizan los mapas y cada mapa se presenta nuevamente a los individuos para su discusión y aceptación. Algunas veces se puede llevar a cabo otra entrevista.
- Grupo de redefinición de la situación, que implica que se crea un mapa fusionado basado en los mapas individuales. El mapa combinado incluye las percepciones de todos los individuos y de esta manera representa a todos los miembros del grupo. A través del mapa fusionado, comúnmente pueden redefinir la situación del problema.
- Consenso de grupo sobre una serie de estrategias donde se ha llevado a cabo un proceso de negociación basado en la situación del problema redefinido, y se encuentran soluciones. Se supone que el consenso y el compromiso se encuentran detrás de la secuencia de estrategias que son los resultados visibles de SODA.

Se debe mencionar que SODA es un proceso dinámico y cíclico que puede saltar entre los pasos descritos.

3.3. Enfoque de Elección Estratégica (SCA)

El Enfoque de Elección Estrategia (SCA por sus siglas en inglés) es otra de las denominadas metodologías blandas en investigación de operaciones y se basa en la planeación alrededor de la toma de decisiones en problemas bajo incertidumbre. En este participa un grupo de decisores que a través de sesiones en conjunto, discuten y unifican criterios y estrategias encaminadas a estructurar los problemas y buscar posibles soluciones (Sørensen & Valqui Vidal, 2008).

El enfoque opera bajo situaciones de incertidumbre e insuficiente información y considera no sólo las partes involucradas sino las diversas perspectivas. Esta metodología participativa ha sido de gran aplicación a nivel empresarial y en organizaciones del sector público como un método de gestión de planificación estratégica y proceso de aprendizaje organizacional que establece un ciclo "potencialmente evolutivo" (Mingers, 2011).

El SCA comparte atributos con el Análisis de Decisiones Multicriterio pero la diferencia se encuentra en que el MCDA se soporta en el análisis cuantitativo para

buscar la solución, mientras que el SCA se apoya en la investigación de tipo cualitativo para dar soporte a las decisiones (Sørensen & Valqui Vidal, 2008).

En SCA, el proceso de planificación se divide en cuatro modos: conformación, diseño, comparación y elección, como se muestra en la siguiente ilustración. Los modos se pueden operar en un proceso cíclico donde los usuarios de SCA pueden saltar entre los diferentes modos. A continuación, se hace referencia a los modos de SCA de forma lineal. Cada modo consiste en una serie de pasos que se llevan a cabo utilizando técnicas especiales (Friend & Hickling, 2005).

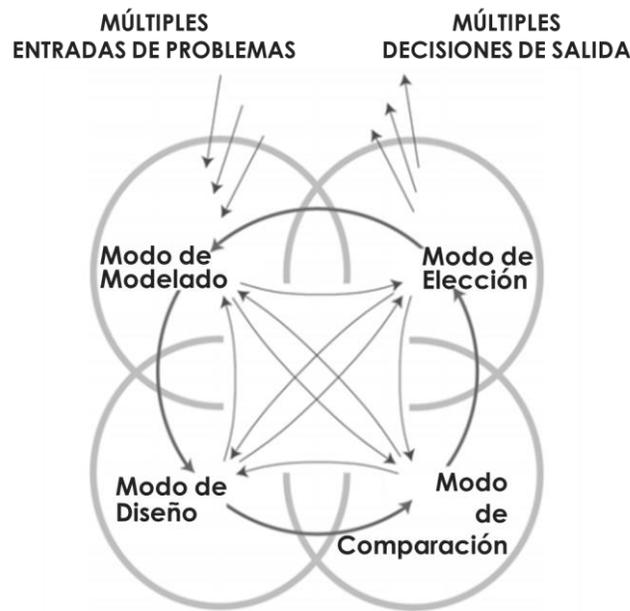


Ilustración 10. 10 Diseño de la Metodología de SCA

Fuente: (Friend & Hickling, 2005)

Las cuatro etapas que componen la metodología del SCA son la de configuración, en donde los decisores definen el campo de estudio, las interconexiones con otras áreas y priorizan; en el diseño las áreas prioritarias son abordadas y analizadas, se buscan relaciones y discrepancias entre las diferentes opciones y se realizan bosquejos de las posibles combinaciones. La comparación pretende hacer un paralelo entre los criterios y condiciones de las diferentes combinaciones de opciones para facilitar su posterior evaluación; y por último, en la elección se toman los elementos resultado y se elaboran planes de compromiso y de acción estratégicos de corto, mediano y largo plazo (Sørensen & Valqui Vidal, 2008).

- Organización. En el modo de modelado, se deciden las áreas de decisión y el enfoque del problema. Esto significa que el grupo de participantes describe las áreas de decisión de su problema de planificación, analiza sus vínculos y decide cuáles son más urgentes para enfocarse.
- Diseño. Las áreas de decisión más urgentes ahora se analizan en términos de diferentes opciones de decisión y su interconexión. Se usan técnicas para limitar las opciones de decisión al observar su incompatibilidad. Los esquemas de decisión se construyen para delinear las diferentes combinaciones factibles de opciones de decisión para trabajar durante un taller.
- Comparación. Ahora se discuten diferentes criterios o áreas de comparación para conocer los requisitos de las estrategias para construir. Se realizan evaluaciones de las diversas combinaciones de opciones de decisión y comparaciones.
- Elección. Para las combinaciones de opciones de decisión que parecen más prometedoras, se toman en consideración las incertidumbres de los diferentes tipos. Además, se decide cómo se pueden abordar estas incertidumbres, por ejemplo, tomando decisiones paso a paso. Los esquemas de acción y los paquetes de compromiso se construyen para delinear las diferentes decisiones que se toman ahora y en el futuro. (Friend & Hickling, 2005).

3.4. Heurística de Sistemas Críticos (CSH)

La Heurística de Sistemas Críticos (CSH por sus siglas en inglés) es un marco para la práctica reflexiva, soportado en las heurísticas de herramientas de argumentación que permitan identificar y explorar aspectos problemáticos, suposiciones, estrategias, preguntas o soluciones relevantes; con un enfoque de pensamiento sistémico, que proporcione contexto relevante para facilitar el establecimiento de juicios de límite de los sistemas de referencia, en condiciones cotidianas de racionalidad imperfecta (Ulrich, 2005).

La idea es ser críticamente parciales y contar con un análisis relacionado con la evaluación de las alternativas, a través de la construcción de sistemas de referencia como formas de enmarcar los límites, para determinar las diferentes perspectivas, los valores, las cosmovisiones y las experiencias de los interesados que participan en el proceso de análisis y toma de decisiones. La CSH es un enfoque de sistemas inevitablemente selectivo, considerando la información de soporte que se tenga para apoyar la práctica reflexiva, en pro del beneficio de un grupo de interés (Reynolds, Gates, Hummelbrunner, Marra, & Williams, 2016).

El análisis y examen de las múltiples perspectivas, se realiza a través de 12 preguntas límites que se presentan a continuación, y que van a favorecer la capacidad de racionalizar y “comprender las diferencias de las personas y manejarlas de manera más constructiva” (Ulrich & Reynolds, 2010):

Tabla 1. Heurística de Sistemas Críticos CSH, Categorías de Límites y Preguntas

Las Categorías de Límites y las Preguntas de CSH (Adaptado de Ulrich 1996, p.44)				
Fuentes de Influencia	Información de juicios que limitan un sistema de interés (S)			
	Roles sociales (Stakeholders)	Consideraciones específicas	Problemas clave	
Fuentes de motivación	1. Beneficiario Quién debería ser / es beneficiario previsto del sistema (S)?	2. Propósito Qué debería ser / es el propósito de S?	3. Medida de mejora Qué debería ser / es la medida de éxito de S	Los involucrados
Fuentes de controlar	4. Decisorio Quién debería estar / está en control de las condiciones de éxito de S?	5. Recursos Qué condiciones de éxito deberían ser / estar bajo el control de S?	6. Ambiente de Decisión Qué condiciones de éxito deberían ser / estar por fuera del control del tomador de decisión?	
Fuentes de conocimiento	7. Experto Quién debería ser / es quien proporciona conocimiento y habilidades relevantes para S?	8. Experiencia Qué deberían ser / son nuevos conocimientos y habilidades relevantes para S?	9. Garante Qué debería ser / se consideran garantías de una implementación exitosa?	
Fuentes de legitimidad	10. Testigo Quién debería ser / es quien representa los intereses de aquellos afectados negativamente pero no involucrados con S?	11. Emancipación Qué deberían ser / son las oportunidades para que los intereses de los afectados negativamente tengan expresión y libertad sobre la visión del mundo de S?	12. Visión del mundo Que espacio debería ser/ está disponible para conciliar las diferentes cosmovisiones con respecto a S entre quienes están involucrados y afectados?	Los afectados

A través de las preguntas, se realiza una práctica organizada alrededor de la herramienta central de crítica de límites, por medio de un proceso participativo de

desarrollo y cuestionamiento de juicios de límites (Ulrich & Reynolds, 2010). Con ellas se pretende identificar las fuentes de selectividad, examinar estos juicios de límites con respecto a su práctica, encontrar opciones para determinar el sistema de referencia que condiciona, buscar un entendimiento mutuo con todas las partes interesadas involucradas con respecto a sus diferentes sistemas de referencia, y ofrecer una forma convincente de argumentación para lograr simetría (Ulrich, 2005).

Las consideraciones detalladas que implican la CSH, para trazar los límites al considerar los sistemas, son una forma de avanzar en situaciones complejas y controvertidas. La CSH es una manera de abordar las características de los problemas del mundo real en su naturaleza compleja, interconectada y multidisciplinaria, tener una visión de pensamiento sistémico con un enfoque holístico transdisciplinario (Mingers, 2015).

La CSH es un método que busca la argumentación, contextualización y establecer límites de una situación problemática. Este método es un mecanismo que ayuda a comprender las ideas y percepciones de las personas sobre un tema en especial, pero no es una metodología que por sí sola resuelva o estructure problemas (Raymaker, 2016).

3.5. Planificación Interactiva (IP)

La Planificación Interactiva (IP por sus siglas en inglés) es una metodología que consiste en el diseño de un futuro deseable, y la generación de una serie de estrategias y planes que permitan continuamente, aproximar la realidad del día a día, al lugar donde se quiere estar (Ackoff, 2001).

En esta planificación se consideran las situaciones objeto de mejora, y se diseña un plan que permita realizar acciones permanentes en pro de crear el futuro ideal. El método, integra nociones del concepto de interactivismo y del método participativo, para tratar problemas a través de la ejecución de acciones interrelacionadas que estén propiciando cambios y procesos de replanificación (Santoso, 2015).

La planificación interactiva se basa en tres (3) principios: participativo, de continuidad y holístico; y está conformada por las siguientes seis (6) etapas:

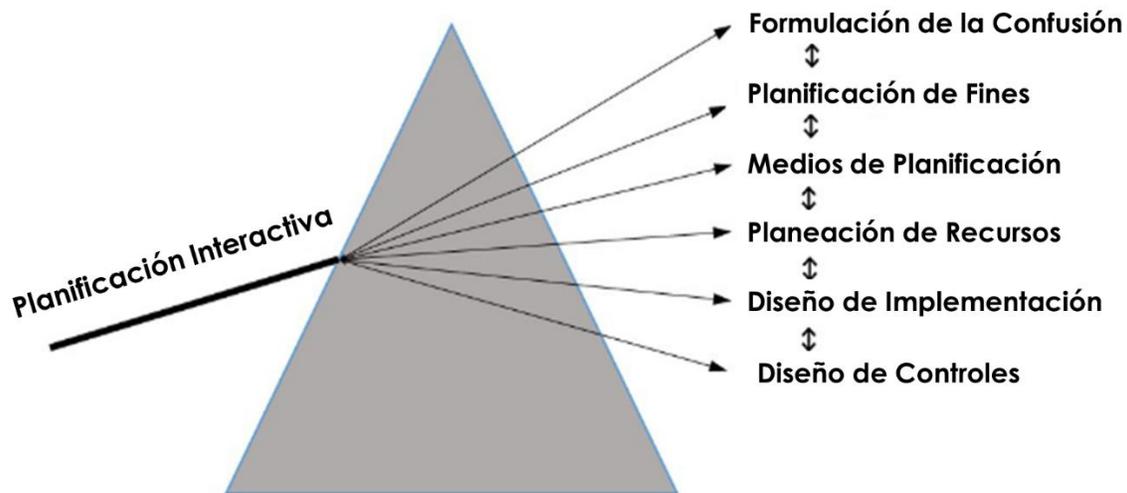


Ilustración 11. Prisma de Planificación Interactiva

Fuente: (Fitriati, 2014)

Por medio de un proceso interactivo, donde interviene el grupo de personas interesadas en participar en la planeación, el diseño y desarrollo debe estar enfocado en la creación de alternativas innovadoras y creativas, desde una visión del sistema integral, propiciando la unidad y la interdependencia en la planificación de muchos componentes o niveles de organización, mientras en el proceso, se garantizan mecanismos para evaluar y corregir actividades inadecuadas durante la implementación del plan (Fitriati, 2014)

Las seis (6) etapas se agrupan en dos (2) fases: *Idealización* y *Realización*. En la fase de *Idealización* se realiza un análisis situacional que incluye un análisis de sistemas, un análisis de identificación de características y propiedades que podrían generar alguna obstrucción durante la planeación; las proyecciones y escenario de referencia, y por último, el ideal proyectado. En la fase de *realización* se tendrán los diferentes cursos de acción, los recursos necesarios, la determinación de quién debe hacer qué, cuándo y dónde, y, el mecanismo de monitoreo. Todos los elementos toman lugar simultánea e interactivamente, son interdependientes, y la IP es continua, ninguna se encuentra completamente terminada (Ackoff, 2001).

En la IP participan personas con diferentes puntos de vista, que van a trabajar en la construcción de una visión compartida, para buscar mejorar una situación problemática, tomando decisiones basados en lo que es mejor para el sistema (Pourdehnad, 2011).

Los principios en los que se fundamenta la IP son los de participación, en donde el grupo de interés tiene la posibilidad de desarrollar y adquirir una comprensión de la situación problemática. La continuidad, permite tener una mayor durabilidad en la planificación de las decisiones; y el holístico, hace referencia tanto a la coordinación, entendida como la planeación eficiente cuando se trabaja en equipos del mismo nivel; como a la integración, vista desde el trabajo interdependiente en todos los niveles de manera efectiva. Desde la perspectiva del principio holístico, se puede lograr un mejor resultado mientras más partes del sistema planifiquen simultánea e interdependientemente (Ohlsson, Han, Hultin, & Rosengren, 2016).

La metodología de planificación interactiva, se deriva de la visión del pensamiento sistémico, en donde las partes interconectadas se encuentran funcionalmente relacionadas, y allí, el diseño cobra gran relevancia. Ackoff tiene la visión de que el futuro está sujeto a la creación; el diseño es básico para toda la actividad humana; la Planificación Interactiva es Diseño; es Diseño Interactivo ... más específicamente, es la ejecución del Pensamiento de Diseño con una cosmovisión de Sistemas (Pourdehnad, 2011).

3.6. Metodología de Sistemas Blandos (SSM)

La Metodología de Sistemas Blandos (SSM por sus siglas en inglés) se emplea para el rediseño de sistemas bajo la estructuración de problemas reales desarrollando modelos conceptuales ideales de acuerdo a cada uno de los objetivos, para luego contrastarlos entre ellos y las partes interesadas. Generalmente se emplea para plantear mejoras a través de la comparación entre el escenario actual y el ideal, se evalúan los cambios culturales y sistémicos que contemplan las implicaciones de las diversas percepciones y finalmente se propone un esquema deseable y viable (Malan & Pretorius, 2015; Mingers & Rosenhead, 2004).

La metodología SSM contempla la complejidad de las situaciones de la vida real, acepta los contextos dinámicos y la multiplicidad de percepciones y visiones. El esquema de aplicación de la SSM se desarrolla en siete etapas entre las que se encuentran: Conocer las características del problema y su contexto; elegir los elementos que a juicio de los decisores se consideren más relevantes para modelos de actividad; realizar un cuestionario sobre los modelos y debatir los distintos puntos de vista para generar ideas estructuradas que faciliten las modificaciones; y por último evaluar la factibilidad de cada una de las propuestas e implementar aquellas que contengan el panorama más acertado de la visión esperada (Checkland & Poulter, 2010).

La SSM se basa en la percepción e interpretación de la situación objeto de análisis, permite un ciclo de aprendizaje y aplicación de varios sistemas para estructurar un problema complejo, para modelarlo y obtener particularidades del dominio del mismo. "El estado ontológico de SSM está en una visión interpretativa o socialmente construida de la realidad" que especifica conceptos con una orientación pragmática a la hora de solucionar problemas separados del mundo del pensamiento sistémico (Rose, 1997).

Esta es una metodología subjetiva que emplea fundamentos de la ingeniería de sistemas para investigar y brindar soluciones a las problemáticas de un mundo real complejo e interconectado. A través del ciclo de percibir, evaluar y tomar acciones, como se muestra en la ilustración a continuación; los individuos interactúan, comparan sus visiones del problema, valoran y ajustan los elementos que componen la situación objeto de análisis, y guiados por un experto en la teoría y desarrollo de la metodología, proponen una serie de estrategias y planes de acción con miras a resolver el problema (Rodríguez-Ulloa & Paucar-Caceres, 2005; Sørensen & Valqui Vidal, 2008).

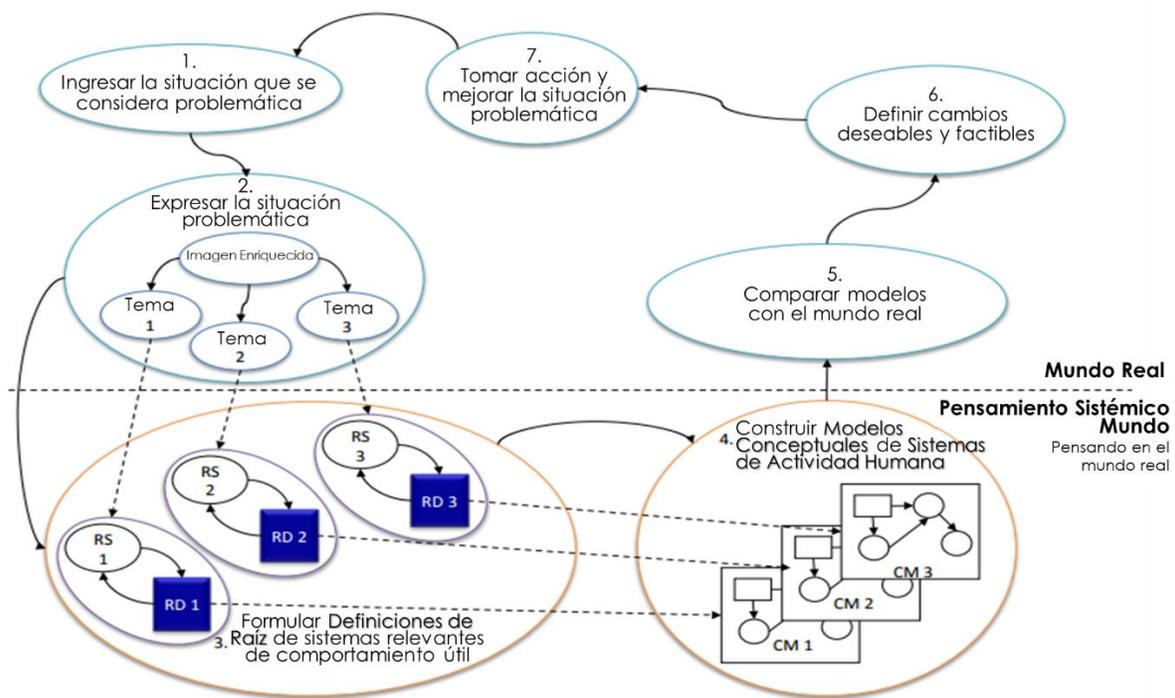


Ilustración 12. Los 7 Pasos del Sistema de Metodología Blanda

Fuente: (Burge, 2015)

El proceso de SSM funciona mezclando las percepciones de los mundos reales con una manera de trabajar con las percepciones de pensamiento sistémico en un proceso de enfoque de siete (7) pasos, que, en resumen, se basa en lo siguiente (Burge, 2015):

- Estructurar y expresar la situación problemática. En este primer paso, se describe la situación del problema no estructurado para cada participante en términos de su cosmovisión. Imágenes enriquecidas (dibujos animados como imágenes) están contruidos para visualizar la forma en que una persona percibe la situación problemática.
- Construcción de modelos verbales. A partir de las imágenes ricas, se construye un modelo verbal. El modelo pretende estimular el debate y presentar visualmente lo que debe decidirse. Los modelos verbales se construyen al observar las actividades operacionales necesarias para cambiar la situación problemática, las actividades para monitorear y controlar el cambio y los criterios para el monitoreo.
- Comparar y cambiar las visiones del mundo. Ahora los modelos se comparan y se usan para analizar las diferencias en la percepción y las formas de "resolver" los problemas. De este modo, se realizan adaptaciones a las cosmovisiones subjetivas. Se puede tomar otro ciclo en el proceso o decidir sobre qué estrategias desarrollar para enfrentar los problemas.

3.7. Conclusión

Teniendo en cuenta que el paso inicial para abordar un problema es la identificación y formulación del mismo, el proceso de estructuración se convierte en un elemento esencial del dominio del problema que va evidenciar no sólo la situación que se desea transformar, sino el espacio de aplicación y las estrategias a emprender para darle solución en un proceso de análisis y toma de decisiones.

Las metodologías descritas en el capítulo son de carácter cualitativo, y a través de diferentes métodos, buscan brindar un soporte para el proceso de estructuración del problema. El MCDA, aunque soportado en una base procedimental cualitativa, toma como insumos las percepciones de los stakeholders para realizar ponderaciones cuantitativas que posteriormente servirán de apoyo en la utilización del método de modelado seleccionado; las demás metodologías: la SODA, el SCA, la CSH, la IP y la SSM, por sus enfoques, son válidas y pertinentes para la estructuración del proceso de diseño curricular, y su utilización, va a depender de la percepción y habilidad del tomador de decisiones.

Para el objeto de estudio de esta investigación, se emplearán tres (3) de las metodologías descritas, en diferentes fases del proceso de análisis y toma de decisiones en el diseño curricular:

- El Enfoque de Elección Estrategia (SCA), como una metodología de planificación participativa con perspectiva en áreas de decisión, incertidumbre y criterios, y un enfoque interactivo e incremental, que busca apoyar el aprendizaje, análisis y toma de decisiones por medio de una visión holística y cíclica del proceso (Sørensen & Valqui Vidal, 2008).
- La Heurística de Sistemas Críticos (CSH), como un marco para la práctica reflexiva, soportado en las heurísticas de herramientas de argumentación para trazar los límites al considerar los sistemas (Ulrich, 2005).
- La metodología de Planificación Interactiva (IP), como la ejecución del Pensamiento de Diseño con una cosmovisión de Sistemas (Pourdehnad, 2011).

A través de la integración de estas PSM, se dará estructura a la definición del área de desarrollo, se establecen los límites para la formulación del enfoque que tendrá el programa curricular, se establece la fundamentación conceptual, se realizan los mecanismos de consenso entre los diferentes actores que intervienen en el proceso de diseño curricular profesional, para así esclarecer y definir el mapa de intercepciones que serán la base sobre la que se realiza la planificación del currículo.

4. Diseño Curricular Profesional

El currículo es una ruta que busca orientar al estudiante en su camino de formación; es un programa que estructura una trayectoria planificada y secuencial para brindar educación. "La esencia de la educación es la capacidad de transferir los conocimientos, hechos, habilidades, valores y actitudes aprendidos de una situación para resolver problemas en otra situación, y esto se hace a través del currículo" (Offorma, 2015).

La concepción del currículo responde a un proceso de análisis y toma de decisiones en donde intervienen múltiples actores como los estudiantes, profesores, investigadores, empresarios, políticos, padres de familia, entre otros; que

interactúan en la era del conocimiento, la intercomunicación y la tecnología, en permanente evolución científica y técnica (Whitsed & Green, 2015).

La palabra currículum, etimológicamente, viene del latín *currus* que significa una carrera de cursos. Offorma y Staykova dicen que es una carrera que siguen los estudiantes desde el momento que inician hasta que consiguen el título académico (Staykova, 2013).

El concepto tradicional de currículum de principios del siglo XX, hace referencia a un conjunto de asignaturas, planeadas explícitamente por los profesores, para el seguimiento estricto por parte de los estudiantes. A mediados de este mismo siglo, la definición de currículum, era alusiva a un plan general de aprendizaje específico, impartido por una institución educativa, que buscaba cualificar y certificar al estudiante para entrar en un campo profesional o vocacional (Ahmad, 2014).

La definición de currículum en los años 90's, representaba un plan para la instrucción que incluía las diferentes percepciones de los grupos de interés, sobre los requerimientos, que, a su apreciación, debían enseñarles a los estudiantes (Ahmad, 2014). Así, puede apreciarse que el concepto de currículum no tiene un significado estático, sino que es dinámico y su definición se enriquece y se transforma.

El concepto de currículum se encuentra en permanente evolución, la palabra ha sido utilizada en distintos ámbitos por una gran variedad de personas cada una con sus propios orígenes, influenciados por elementos culturales, políticos, económicos, ambientales y sociales (Newlyn, 2016). La misma palabra *curriculum* contiene una variedad de significados diferentes dependiendo de su contextualización (Su, 2012).

El currículum es el mecanismo que se emplea para difundir los alcances educativos de una sociedad que es dinámica y se encuentra en permanente cambio y evolución. En el currículum el estudiante es el epicentro en la implementación curricular en donde interactúan las asignaturas, plan de estudios, programación académica, los docentes y administradores curriculares, con la finalidad de transmitir conocimientos o experiencias, y generar destrezas y habilidades (Onojerena, 2014).

El currículum obedece a un proceso de combinación de factores y actores. La planificación estratégica curricular toma tiempo, dedicación y cooperación entre los diferentes agentes de interés que se encuentran modelando y diseñando, la que consideran, la mejor opción de vinculación de cursos, metodologías y objetivos

de formación, que permita lograr unos resultados de aprendizaje deseados para los estudiantes (Alkki & Paatero, 2015).

La estructura curricular busca integrar los elementos que sean fundamentales en un área académica determinada, que se encuentra en constante evolución y que va más allá del tema netamente científico, ya que además, contribuye al desarrollo de las capacidades cognitivas; en pro de alcanzar unos objetivos de formación específicos (Staykova, 2013).

Pero tratar de integrar las distintas visiones y conocimientos no es un proceso fácil y directo. "La dinámica del conocimiento y la información a menudo producen riesgo e inseguridad al construir constantemente nuevas realidades sociales y abrir nuevas opciones de acción" (Bechmann, Gorokhov, & Stehr, 2009).

Los elementos inherentes a la globalización económica, la revolución digital, de las comunicaciones, el internet y la internacionalización de la educación, enfrentan a los tomadores de decisiones educativas para abordar estrategias de estructuración de problemas que faciliten el diseño de la planeación curricular (McMillan & Overall, 2016).

El proceso de diseño curricular debe desarrollarse, teniendo en cuenta la integración de elementos multidisciplinarios, revisando constantemente los aspectos sociales, económicos y jurídicos que presentan mayor incidencia, e idealmente, en un ambiente colaborativo (Oliva, 2005; Waters, Rochester, & Mcmillan Fcn, 2012).

El diseño curricular es una sumatoria de elementos de enseñanza y aprendizaje, normas nacionales, parámetros internacionales, tradiciones educativas, filosofía institucional y necesidades del entorno que van a conformar el conjunto del plan de estudios, que además, debe ser lo suficientemente dinámico para abarcar nuevas tendencias en formación e investigación, y tener una sincronía de engranaje para funcionar como un sistema correlacionado (Alkki & Paatero, 2015).

Obanya Pai (2012) define que en la gestión del proceso de desarrollo curricular interactúan tres (3) grandes esferas en las que se agrupan los elementos del currículo: La Atmósfera Curricular Global, El Paquete de Enseñanza – Aprendizaje y El Proceso de Entrega y Facilitación. El primero se refiere a los elementos macro como las tendencias, políticas, aspectos institucionales, entre otros; el segundo hace referencia al marco del programa curricular y el último a la interacción

profesor – alumno y a los aspectos sistémicos y filosóficos del proceso educativo en la institución (Onojerena, 2014).

El diseño curricular no se concibe a partir de la nada. Inicialmente el sistema educativo enfrenta el objetivo contradictorio de dar a conocer la historia y los fundamentos de los conocimientos tradicionales versus la formación para proyectar la sociedad en el futuro (Whitsed & Green, 2015). Para enriquecer el proceso, el contexto organizacional de las instituciones educativas, el nacional e internacional, introducen preferencias que directamente afectarán el análisis y razonamiento del diseño (Boschman et al., 2014).

Hoy en día el conocimiento se vuelve obsoleto en un corto lapso de tiempo producto del acelerado avance tecnológico, económico, ambiental y social. Las Instituciones de Educación Superior cuentan con mayor presión para sobresalir en un ambiente globalizado en donde los procesos de estandarización y movilidad cobran mayor importancia, con una vertiginosa evolución de la tecnología y recortes en la financiación de la educación que imprime cierta presión para contar con diseños curriculares que preparen a los estudiantes de nuestra era (Emes & Cleveland-Innes, 2003; Greenrod & Jezerskytė, 2016).

Las creencias, el contexto en el que se desenvuelven los individuos, hacen que cada experiencia y forma de concebir el mundo sea diferente, y esto finalmente, influencia el proceso de toma de decisiones (Kahneman, 2014). Esta diversidad, los constantes cambios del mundo real y la complejidad, reflejan una transformación en el rol de la educación, que además de transferir conocimiento técnico y científico, sería de gran relevancia, contar con un componente analítico que permita discernir y tener la capacidad de usar sabiamente lo aprendido (Ramaley, 2014).

La educación se diseña bajo un panorama con incertidumbre, que guarda similitud con las problemáticas sociales en donde no puede plantearse una única solución, sino donde la situación es replanteada, reformulada y resuelta tantas veces como sea necesario para responder a los cambios constantes, la diversidad de perspectivas y la variabilidad de contextos (Bore & Wright, 2009).

La forma en que se imparte la educación en la actualidad, requiere dinamismo y apropiación por parte de los administradores académicos, para brindar formación a la vanguardia, que dé respuesta a las nuevas tendencias, a la complejidad y las nuevas redes de interconexión presentes en la era del conocimiento y la tecnología (Ramaley, 2014).

La realidad ha cambiado su paradigma, y producto de la diversidad presente en el mundo y la universalidad, se ha evidenciado la incertidumbre, la subjetividad y la experimentación de constantes cambios (Jordan et al., 2014). En ello, la educación debe jugar un papel transformador importante que busque mediar, entender y modelar las problemáticas a través de la integración de la investigación, la formación y la práctica profesional (Ramaley, 2014).

Los modelos de desarrollo curricular, son formas de mostrar la relación entre los elementos esenciales del currículo en el proceso de diseño; es un sistema en el que se asocian etiquetas específicas, a los diferentes procesos y etapas funcionales asociadas con la educación. "Un plan de estudios ... es un sistema para tomar decisiones con respecto a sus tres funciones primarias: planificación, implementación y evaluación" (Newlyn, 2016).

El diseño curricular corresponde a un proceso sistemático que requiere de experticia y conocimientos, "consiste en actividades de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación, que son operacionalizadas en tácticas específicas" y que llevan a implementar un plan de estudios que articule los diferentes factores, características, necesidades y finalidades de aprendizaje (Huizinga, Handelzalts, Nieveen, & Voogt, 2014). En el diseño, estructurar los componentes curriculares, es tanto arte como ciencia (West, Loftin, & Snyder, 2017).

Además de los elementos explícitos, el proceso de diseño curricular conlleva factores implícitos propios de la dinámica formativa que se desarrolla en cada contexto educativo, denominado currículo oculto. El currículo oculto corresponde a los elementos informales que se encuentran inmersos en el proceso de aprendizaje. "Describe aquellos aspectos del entorno educativo y del aprendizaje del alumno (como valores y expectativas que adquieren los estudiantes como resultado de un proceso educativo) que no están formal o explícitamente establecidos pero que se relacionan con la cultura y el espíritu de una organización" (McKimm, 2003).

El currículo oculto se refiere a los *valores implícitos o no expresados, el comportamiento, las normas que existen dentro de la configuración educativa* que no se encuentran explícitas dentro del diseño del programa curricular. Las connotaciones pueden ser tanto negativas como positivas, y evidenciar las falacias pedagógicas de pensar que el estudiante está realmente aprendiendo lo que se le enseña a través de los cursos y lecciones y no darse cuenta, que el aprendizaje

colateral, va a depender del gusto y la actitud interesada con la que la persona aborde su proceso de formación (West et al., 2017).

Los tomadores de decisiones en el sector educativo requieren abrirse a una reinterpretación continua del contexto en el que se desarrolla el proceso de formación, deben articular y estructurar sistemas educativos que integren la complejidad y la búsqueda constante de respuestas a situaciones inciertas y transformar y adaptar su forma de pensar hacia ambientes flexibles que enmarquen y desarrollen nuevos enfoques, disposiciones y faciliten la incorporación de nuevas corrientes de pensamiento (Jordan et al., 2014).

A continuación, se presentan algunos de los modelos de diseño curricular que son empleados para articular los diferentes componentes del programa de formación, con la filosofía institucional y la visión del entorno.

4.1. Modelos de Diseño Curricular

Los modelos constituyen un patrón lógico que imprime un orden en el diseño curricular (Prideaux, 2003); son esquemas que sirven como pauta para analizar las fases esenciales para el proceso de diseño curricular (Lunenburg, 2011). Los modelos, parten de un requerimiento filosófico que permite estructurar el proceso de diseño curricular a nivel micro, meso y macro (Oliva, 2005) y *siguen siendo un próspero campo de estudio* de mediación creativa (Priestley, 2011).

Para el desarrollo de un programa académico, debe contemplarse la planificación, implementación y evaluación del diseño curricular (Soto, 2015) en un proceso de toma de decisiones en el que intervienen varias personas con diferentes niveles de poder (Oliva, 2005).

Los diferentes modelos de planes de estudio también describen los principios y procedimientos de cómo los planificadores del currículo ven el plan de estudios en lo que se refiere a los propósitos específicos de la educación y un enfoque particular para la elaboración del currículo también (Mulenga & Luangala, 2015).

Los modelos se encuentran agrupados en dos subconjuntos: Los modelos inductivos, no lineales y descriptivos; y los modelos deductivos, lineales y prescriptivos (Lunenburg, 2011; Prideaux, 2003).

4.1.1. Modelos Inductivos, No Lineales y Descriptivos

Los modelos descriptivos consideran la importancia de factores externos e internos para determinar la relevancia del contexto en el diseño curricular; analizan detalladamente la situación para determinar los efectos en el plan de estudios (Prideaux, 2003).

Los modelos descriptivos son de enfoque ascendente, debido a que la planificación y el desarrollo curricular inician desde la base de los detalles, las necesidades y un análisis situacional; previo a la formulación de los componentes de un programa académico como objetivos, organización de contenidos y definición de procedimientos de evaluación (Mulenga & Luangala, 2015).

En estos modelos, el proceso de diseño curricular no tiene un orden cronológico, sino que la planeación va a depender del contexto en el que se lleve a cabo el proceso; pero, aunque no cuente con una estructuración definida, los elementos se encuentran vinculados e integrados, y deben completarse y definirse considerando los demás, para entregar como resultado el diseño del programa curricular (Prideaux, 2003).

Los modelos descriptivos, parten del desarrollo de materiales curriculares y van extendiendo el procedimiento hasta la generalización, permitiendo a los tomadores de decisiones, invertir el orden de los componentes del currículo y/o analizarlos simultáneamente. La secuencia que siguen este tipo de modelos, inicia con los principios o creencias en lo que se fundamentan los desarrolladores del currículo, pasando por un proceso de deliberación que finalmente concluye en el diseño curricular (Lunenburg, 2011).

El Modelo de Taba

El Modelo Curricular de Taba es uno invertido, porque a diferencia de otros, como el de Tyler y el de Saylor, Alexander y Lewis, cuya idea se gesta en la administración; este comienza en el salón de clase con los estudiantes involucrando directamente al profesor en el proceso de diseño y permitiendo vincular el plan de estudios con las actividades de enseñanza, o sea la teoría con la práctica. El Modelo es uno de siete (7) etapas: Diagnóstico de necesidades, formulación de objetivos, selección y organización del contenido, selección y organización de las experiencias de aprendizaje, y la determinación de qué evaluar, las formas y medios para hacerlo (Henson, 2015).

El modelo de Taba está conformado por dos procesos aparte, el contenido – tema y las experiencias de aprendizaje, y el proceso por el cual ese contenido – tema se impartirá, ambos serán los que impriman validez al currículo. Los modelos de Tyler en 1949 y Taba en 1962, son considerados como racionales que se estructuran en un método que se construye mediante una secuencia lógica; y por mucho tiempo fueron contemplados “como uno de los más influyentes en el campo del diseño curricular”, pero han sido criticados por las limitaciones que presentan al no contemplar lo “impredecible de la enseñanza, la dinámica de la clase, las necesidades propias o particulares de la profesión docente” (Newlyn, 2016).

El Modelo de Zais

Zais plantea un modelo que se denomina ecléctico ya que trata de reunir y conciliar supuestos filosóficos; es visto como uno estático simple que visualiza los elementos primordiales que deberían considerarse para el proceso de desarrollo curricular, las interrelaciones que se presentan entre cada una de estas variables y los fundamentos en los que se soporta en proceso de diseño (Henson, 2015).

Este realiza una secuencia paralela de los componentes que son base en el modelo de Taba, como los fines, metas y objetivos, el contenido, las actividades de aprendizaje y la evaluación; de manera tal que favorezca la interrelación entre cada una de las variables (Forsythe, 1984), y ofrece unos fundamentos como soporte que permite a los desarrolladores curriculares tener una mejor y mayor “comprensión de las bases y naturaleza del plan de estudios mismo” (Ann Marie Hill, 1993).

La contribución que presenta el modelo ecléctico no se encuentra en establecer un método procedimental que el desarrollador curricular siga para la elaboración del plan de estudios, sino en la comprensión que trata de plasmar sobre la “naturaleza del currículo y las fuerzas que determinan su contenido y organización” (Rampedi, 2001). “El modelo no se ocupa de los procesos de construcción, desarrollo o implementación del plan de estudios, ni siquiera del diseño per se”, lo que busca el modelo es generar un mejor conocimiento de cada uno de los elementos, los supuestos en los que se fundamenta el proceso de diseño curricular y la forma como se mezclan cada uno de estos componentes (Henson, 2015).

4.1.2. Modelos Deductivos, Lineales y Prescriptivos

Según Oliva (2005), *un modelo suele ser un conjunto prescriptivo de fases, componentes o principios* establecidos para que los tomadores de decisiones

desarrollen el proceso de diseño curricular. Los modelos prescriptivos no solo contienen las indicaciones de los lineamientos para la creación de programas académicos, sino lo que deben hacer los diseñadores curriculares (Prideaux, 2003).

Es un enfoque deductivo de desarrollo curricular, categorizado dentro de los modelos descendentes, debido a que la planificación y diseño curricular, inicia con el esquema general o los aspectos globales del plan de estudios, con la declaración de la filosofía y objetivos, antes de trabajar en los detalles, en el contenido específico del programa como tal (Mulenga & Luangala, 2015).

Los modelos prescriptivos se refieren a los fines, a la declaración de los objetivos, de los propósitos, más que a los medios de un plan de estudios (Prideaux, 2003). El proceso se fundamenta en unas metas y objetivos, una declaración de las experiencias de aprendizaje como medios para lograr el fin, y un proceso de evaluación que permita verificar que los resultados cumplen con el objetivo para el cual fueron diseñados (Lunenborg, 2011).

Realizar un análisis del esquema general en el que va a desarrollarse el proceso de diseño curricular, proporciona información de referencia, previa al establecimiento de los objetivos, como expectativas generales para lograr dentro de un programa académico (Oliva, 2005).

El Modelo de Tyler

Es un modelo de naturaleza lineal que busca asegurar la transparencia en el proceso de desarrollo curricular, verificar que los contenidos y resultados de aprendizaje correspondieran con el enfoque y así tener la claridad que el diseño contaba con unos "propósitos claramente definidos" (Newlyn, 2016).

Quien diseñe el currículo deberá iniciar con la definición del propósito y luego desarrollar un plan alrededor de él, teniendo en cuenta cinco (5) elementos: quienes aprenden, la vida en comunidad, las materias, la filosofía y la psicología; para identificar los fines o metas, los objetivos y propósitos educativos. Producto de la alineación del contenido con las expectativas, el modelo de Tyler toma como punto inicial lo que se quiere que los aprendices sepan y sean capaces de hacer, y a partir de ello se diseña el contenido (Henson, 2015).

Para alcanzar el primer paso se debe definir lo que requiere el estudiante para tener éxito y que puede estar determinado por organismos externos; como segundo paso, se establecen "los ejercicios de aprendizaje o las experiencias de desarrollo

diseñados para que los estudiantes alcancen la previa"; en el tercero se dan las secuencias de las experiencias y se especifican si están centradas en el profesor o el estudiante; y finalmente, se diseña el método que permitirá examinar la comprensión en relación al objetivo inicial (Newlyn, 2016).

El Modelo de Saylor, Alexander y Lewis

El modelo exhaustivo de Saylor, Alexander y Lewis se soporta en fundamentos sociales, filosóficos y psicológicos; "en cierto sentido, conecta el currículo con la instrucción mostrando que los métodos y estrategias de enseñanza resultan del plan curricular" y que su diseño se encuentra estructurado para "sugerir un proceso para seleccionar las actividades de aprendizaje" (Henson, 2015).

El modelo de Saylor, Alexander y Lewis conceptualiza un proceso de planificación curricular conformado por cinco (5) unidades: i) metas y objetivos; ii) el programa sobre educación en su totalidad; iii) los segmentos específicos del programa educativo; iv) instrucción; y v) el programa de evaluación (Oliva, 2005). Agrupadas en tres fases: Metas, objetivos y dominios; Modos de instrucción y Evaluación (Daud, Ahmad, & Johari, 2012).

La consideración de las necesidades del medio y la sociedad, los principios que rigen a la institución, la filosofía del diseñador curricular, las tendencias en formación e investigación y los requerimientos del estado, son factores externos que se contemplan en la fase de formulación de metas, objetivos y ámbitos en este modelo (Ngcongo, 2001).

El Modelo de Oliva

Para Peter Oliva el currículo se define como "un plan o programa para todas las experiencias que el alumno encuentra bajo la dirección de la escuela"; y el diseño curricular, como un proceso de análisis y toma de decisiones que se desarrolla en tres (3) fases: planificación, implementación y evaluación, sobre la base de una evaluación continua y posterior. Así, el modelo planteado, responde a una planeación de factores, de requerimientos del medio y de alcance de variables que delinear las experiencias de aprendizaje deseadas (Oliva, 2005).

El modelo de Peter Oliva según sus palabras es sencillo, exhaustivo y sistemático; realiza su proceso de planificación desde el componente curricular, incorpora a la sociedad como elemento constructivo del modelo y así agrega un factor que

limitaba el modelo de Taba. Toma algunas bases conceptuales de los anteriores modelos, tiene en cuenta fundamentos y principios y los emplea como cimientos del proceso de diseño curricular y la relevancia que le otorga tanto a las necesidades de los estudiantes como a las de la sociedad (Henson, 2015).

El modelo de 12 componentes de Oliva, corresponde a una integración del modelo de cinco (5) componentes de J. Galen Saylor, William M. Alexander y Arthur J. Lewis en 1981; del modelo de contexto, entrada, proceso, producto (CIPP por sus siglas en inglés) desarrollado por Daniel L. Stufflebeam en 1971, y una adición de ocho (8) conceptos de construcción curricular: i) alcance, ii) relevancia, iii) equilibrio, iv) integración, v) secuencia, vi) continuidad, vii) articulación y viii) transferibilidad. Además de cumplir con la finalidad de brindar lineamientos para el desarrollo de un currículo, puede emplearse para elaborar módulos didácticos y si se focaliza en los componentes denominados curriculares, contribuye con la toma de decisiones programáticas (Daud et al., 2012).

4.2. Conclusión

El proceso de diseño curricular debe fundamentarse en los cambios de paradigmas y en la identificación e integración de necesidades, que consideren aspectos críticos e importantes de la actualidad, en un ambiente de toma de decisiones complejo, de cambio constante y que proporcione a los estudiantes, experiencias de aprendizaje significativas; a través de un proceso de modelado que integre conocimientos, habilidades y refleje una transferencia de formación para la vida contemporánea (Soto, 2015).

Los modelos de diseño curricular comparten características similares que toman en cuenta a los estudiantes, la sociedad y el tema en sí en el proceso de desarrollo curricular Oliva (2005); por ello, y para esta investigación, el modelo seleccionado es el de Peter Oliva; no sólo por la consideración del análisis de contexto, sino porque integra aspectos de diseño curricular, del modelo de contexto, entrada, proceso, producto (CIPP); y además toma elementos conceptuales de los modelos de Tyler, Taba y Saylor, Alexander y Lewis. Constituye un plan de acción que debe llevarse a cabo si se desea desarrollar un currículo y presenta actividades descriptivas detalladas como una secuencia, como una instrucción, que concuerda con la forma como se viene diseñando un programa académico en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia¹.

¹ Las ilustraciones de los modelos de diseño curricular descritos en este capítulo pueden consultarse en el Anexo 1.

5. Propuesta Metodológica y Caso de Aplicación

La propuesta metodológica para la Toma de Decisiones en Problemas Mal Estructurados, el Caso del Diseño Curricular en Instituciones de Educación Superior; se encuentra soportada en la curva de aprendizaje que se ha adquirido durante varios años de estar involucrada en la elaboración de las propuestas de creación de programas curriculares en la Universidad Nacional de Colombia (UN), específicamente en la Sede Medellín y en la Facultad de Minas, y su posterior aplicación en ámbitos externos.

La revisión de la literatura referente a los modelos de diseño curricular, han permitido enmarcar el proceso de creación de programas académicos, a la filosofía del Modelo de Diseño Curricular de Peter Oliva, quien continúa con las bases conceptuales de Tyler; Saylor, Alexander y Lewis; y además del modelo de contexto, entrada, proceso, producto (CIPP) de Stufflebeam. La abstracción de éste modelo, se hace en cuanto a tomar como punto de partida las necesidades, la prospectiva, la visión de la comunidad académica institucional y del medio en general, para estructurar y organizar los componentes del diseño curricular.

Con base en la experiencia adquirida en estos procesos, se presenta una idea procedimental estructurada en siete (7) grandes fases que van a guiar el diseño curricular desde la concepción inicial hasta la formulación definitiva (Ver Ilustración 13). Cada una de las etapas cuenta con una enunciación sobre el significado y justificación, además de describir la identificación de los elementos wicked que acompañan cada fase del proceso y su respectiva propuesta de metodología de estructuración de problemas con la que se aborda la toma de decisiones en ella.

Si bien las etapas son un proceso secuencial, en donde los resultados de una etapa constituyen los insumos de la siguiente; las dos (2) primeras fases son lineales y sucesivas, mientras que de la tres (3) a la siete (7), son ciclos de realimentación constante. Esto significa que la etapa de *Idea* siempre será el primer paso, seguida de la etapa de *Pertinencia*, y las demás se constituyen en elementos que pueden construirse de manera simultánea generando una retroalimentación constante en el proceso como se ilustra a continuación:

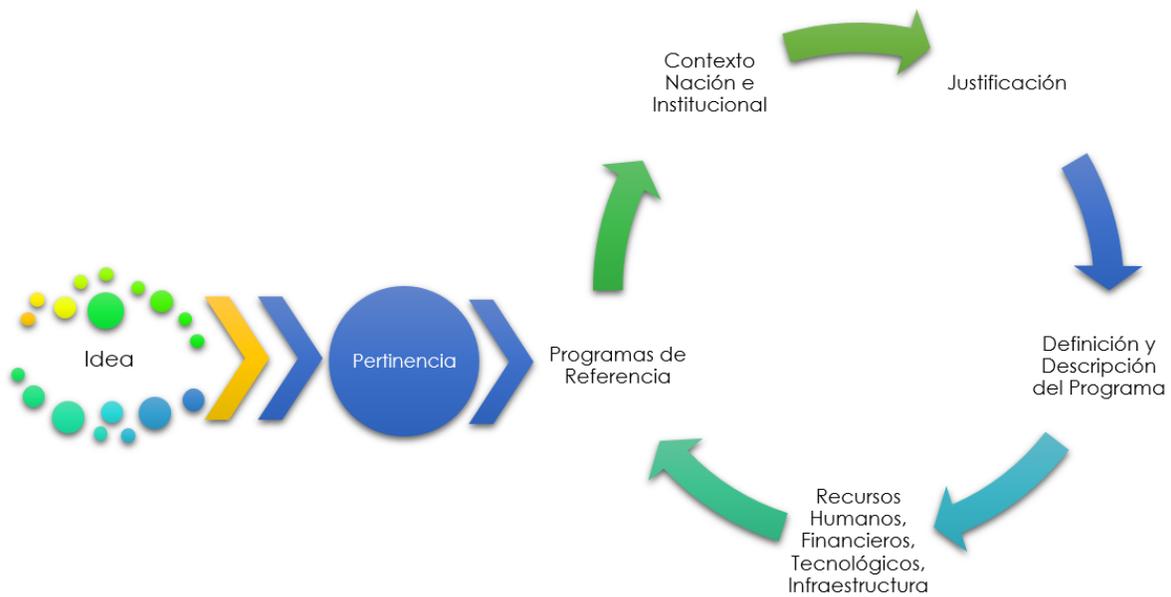


Ilustración 13. Fases del Diseño Curricular
Fuente: Elaboración Propia

La primera fase, la Generación de la Idea hace referencia a la identificación de una nueva visión, necesidad o desarrollo de una nueva área de investigación. Es un proceso de pensamiento creativo que busca realizar una representación mental de una necesidad u oportunidad de generación de conocimiento, desarrollo de una nueva área de investigación o implementación del conocimiento existente en un nuevo campo de aplicación. Este proceso puede iniciar por medio de la observación, la experiencia, la experimentación o la asociación de fenómenos y/o sucesos visionarios.

La segunda fase, la Evaluación de la Pertinencia, corresponde a la valoración y ponderación del proceso sistemático de recopilación de información que sirva como soporte para analizar y evaluar la relevancia, importancia y conveniencia de la idea inicial preconcebida. En esta etapa del proceso, se consultan planes prospectivos, estrategias educativas de la Unesco, tendencias mundiales y demás información en referencia a las visiones que permitan estudiar la "congruencia (Es decir, conveniencia, coherencia y relación lógica) con las condiciones y necesidades sociales, con las normas que regulan la convivencia social y con las características concretas de los educandos en sus diversos entornos naturales y sociales de interacción" (MEN, 2009).

En la tercera fase, en la Investigación de Programas de Referencia, se realiza un benchmarking de programas curriculares de igual denominación o similar filosofía,

para analizar los elementos característicos que identifican cada programa. Es recomendable que los referentes se encuentren bien posicionados en los rankings internacionales reconocidos, y seleccionar una muestra de al menos cinco (5) países en dos (2) continentes: En Norte América, Europa, Centro América y Sur, por ejemplo.

Para la cuarta fase, que corresponde a la Representación del Marco Institucional y del Contexto País, se identifican y especifican los atributos del entorno social, económico, político y reglamentario tanto a nivel de la institución como del país que van a parametrizar la estructura del diseño curricular.

En la quinta fase de Elaboración de la Justificación, se describen los factores que hacen necesario y pertinente la realización de la propuesta de diseño curricular (Colciencias, 2016).

La sexta fase, Descripción del Programa Curricular, es la etapa en la que se debe definir y estructurar los elementos constitutivos del contenido curricular: La filosofía educativa, los objetivos de formación y los resultados, definición del plan de estudios y las metodologías de enseñanza, entre otros.

Y por último, en la séptima fase, se deben establecer los Recursos Humanos, Financieros, Tecnológicos y de Infraestructura; con base en la estructura de diseño curricular propuesto, exponiendo los estándares de recursos requeridos para la implementación el programa. Los recursos deben especificar la infraestructura, tecnología, laboratorios, materiales, número de estudiantes a admitir por cohorte y cuerpo docente que soporte el nuevo currículo.

Dentro de las siete (7) fases, la fase cuatro (4) de Representación del Marco Institucional y del Contexto País, y la siete (7) de Definición de los Recursos Humanos, Financieros, Tecnológicos y de Infraestructura; corresponden a factores que ya se encuentran definidos y que sólo requieren de indagación de información para parametrizar la caracterización que se especifique en las fases previas. Las otras cinco (5) fases cuentan con elementos wicked en su concepción.

La tabla que se presenta a continuación, identifica los elementos wicked y su respectivo método de estructuración de problema, para cada una de las cinco (5) fases del diseño curricular, mencionadas en el párrafo inmediatamente anterior:

Tabla 2. Fases del Diseño Curricular, Caracterización de Elementos Wicked y PSM

Fase	Descripción	Elementos de Problemas Wicked	Metodología Estructuración de Problemas	
1	Generación de la Idea	Representar una nueva visión, necesidad o desarrollo de una nueva área de investigación.	No existe una formulación definitiva. No tienen regla para finalizar. Implica muchos interesados.	Enfoque de Elección Estratégica
2	Evaluación de la Pertinencia	Valorar y ponderar el proceso sistemático de recopilación de información de relevancia de la idea inicial preconcebida.	Implica muchos interesados. La elección de una solución es en gran medida una cuestión de criterio.	Planificación Interactiva Heurística de Sistemas Críticos
3	Investigación de Programas de Referencia	Realizar un benchmarking de programas curriculares de igual denominación o similar filosofía.	La elección de una solución es en gran medida una cuestión de criterio.	Heurística de Sistemas Críticos
5	Elaboración de la Justificación	Describir los factores necesarios para la propuesta de diseño curricular.	Implica muchos interesados. La elección de una solución es en gran medida una cuestión de criterio. No existe una formulación definitiva.	Planificación Interactiva
6	Descripción del Programa Curricular	Definir y estructurar los elementos constitutivos del contenido curricular del programa.	No hay ninguna prueba inmediata y definitiva de una solución. Las soluciones generan consecuencias inesperadas con el tiempo, por lo que es difícil medir su efectividad.	Enfoque de Elección Estratégica Práctica Reflexiva

En las fases 1 y 6, donde se encuentra en proceso la gestación de la idea y posteriormente la definición y estructuración de los elementos constitutivos del programa curricular, la incertidumbre que conlleva la formulación definitiva, la claridad en el establecimiento de los objetivos y la intervención de múltiples agentes tomadores de decisiones; perfilan a las metodologías de tipo cualitativas, como las más indicadas para abordar el tema de complejidad. El análisis de decisiones multicriterio, tiene tanto elementos cualitativos como cuantitativos, y como para este proceso no se contemplan estrategias de recolección de datos, esta metodología no será utilizada.

Las metodologías SCA, SODA y SSM son de tipo cualitativo y pueden emplearse, de acuerdo a las preferencias de quien esté encargado del análisis de la decisión. Para efectos de esta investigación, el Enfoque de Elección Estratégica como método participativo de unificación de criterios y gestión de planificación estratégica, es el seleccionado por la integración de percepciones de pensamiento sistémico con las visiones del mundo real, que facilita la articulación holística del proceso de diseño curricular.

La Metodología de Sistemas Blandos, presenta fortalezas en el rediseño o propuestas de mejora y emplea mapas conceptuales, y la Decisión y Análisis de Opciones Estratégicas bajo la representación de mapas cognitivos para la identificación de los problemas; contienen un planteamiento gráfico como soporte a la filosofía para las cuales fueron constituidas. La SSM construye desde un punto de partida y la SODA centrada en identificación de problemas, limitan el campo de acción requerido en el diseño curricular, en donde se abarca desde la generación de la idea, la realimentación de la visión prospectiva del entorno, hasta la formulación de un programa académico cuyo éxito y oferta va a depender de la validación con el medio.

En las fases 2 y 5 de pertinencia y justificación respectivamente, la metodología de planificación interactiva es clave para contemplar características idealizadas en una proyección que cuente con una visión estratégica, pero a la vez que contenga elementos con aplicabilidad en el corto y mediano plazo.

Adicionalmente en el tema de pertinencia, y teniendo en cuenta que en esta etapa el proceso de estructuración del problema se encuentra incipiente, la metodología de heurística de sistemas críticos, va a proporcionar estrategias para delimitar el campo de indagación. Soportado en este mismo método, una vez se tenga definido el espacio de aplicación, se procede con la Investigación de Programas de Referencia contemplada en la fase 3.

Por último, como parte de un proceso de evaluación continua, la metodología de Práctica Reflexiva puede ser conveniente para el diseño curricular, pues permite realizar ajustes al currículo a medida que este da inicio con la oferta y se dé una interacción con los diferentes agentes que permita vislumbrar modificaciones pertinentes, o una evaluación de largo alcance de una primera cohorte de egresados con el medio que contribuya a verificar que el currículo cumpla con el propósito por el cual fue formulado.

El campo de aplicación de esta investigación, obedece al proceso de diseño curricular. El proceso de evaluación y validación con el medio, no son objeto de análisis en este trabajo, y por ende, este paso sólo se dejará en un planteamiento inicial incipiente, como se muestra en el párrafo inmediatamente anterior.

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología propuesta, en el diseño curricular del programa de posgrado, Maestría en Ingeniería – Analítica, adscrito a la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

5.1. Diseño Curricular del Programa de Maestría en Ingeniería–Analítica

El proceso de creación de programas curriculares en Instituciones de Educación Superior, cuenta con lineamientos generales definidos por parte del Presidente de la República de Colombia, en el Decreto 2566 de 2003 (Presidente, 2003), en donde establece los requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior y de condiciones mínimas de calidad:

1. Denominación académica del programa.
2. Justificación del programa.
3. Aspectos curriculares.
4. Organización de las actividades de formación por créditos académicos.
5. Formación investigativa.
6. Proyección social.
7. Selección y evaluación de estudiantes.
8. Personal académico.
9. Medios educativos.
10. Infraestructura.
11. Estructura académico - administrativa.
12. Autoevaluación.
13. Políticas y estrategias de seguimiento a egresados.
14. Bienestar Universitario.
15. Recursos financieros.

La Universidad Nacional de Colombia, cuenta con un régimen orgánico especial consagrado en el Decreto - Ley 1210 de 1993 (Presidente, 1993), el cual otorga independencia para decidir y regular sobre sus programas académicos. Con base en lo anterior, y a través del Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario (CSU) (CSU, 2007), la UN establece los *lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de sus programas curriculares*; y mediante el Acuerdo 035 de 2009 del CSU (CSU, 2009),

se establecen los procesos para la creación, apertura, modificación y supresión de Programas Curriculares, entre otros.

En esta investigación el caso de aplicación se enfoca en el diseño curricular de programas curriculares de maestría en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

Los programas curriculares de Maestría tienen como objetivo el desarrollo de la capacidad investigativa, la aplicación del conocimiento, la creación artística y la formulación de soluciones a problemas disciplinarios, interdisciplinarios, artísticos o profesionales. Un programa curricular de maestría podrá tener un plan de estudios de Maestría de Investigación y/o un plan de estudios de Maestría de Profundización. El número de créditos académicos de los programas de maestría podrán variar entre 50 y 75 (CSU, 2007).

- i. “La Maestría de investigación desarrolla conocimientos, habilidades y destrezas que permiten la participación activa del estudiante en procesos de investigación generadores de nuevos conocimientos, procesos tecnológicos o de creación artística. Es requisito para obtener el título de esta maestría la elaboración de una tesis equivalente a un mínimo del 40% del total de créditos del programa curricular.
- ii. La Maestría de profundización examina y actualiza el desarrollo de conocimientos, habilidades y destrezas disciplinarios que permiten el análisis orientado a la solución de problemas de carácter profesional. Es requisito para obtener el título de esta maestría la elaboración de un trabajo final equivalente a un máximo del 20% del total de créditos del programa curricular”.

Por acuerdos y directrices discutidos y socializados en el Comité de Programas Curriculares de Facultad y el Consejo de Facultad, en la Facultad de Minas, los programas de Maestría tienen una estructura curricular de 52 créditos, de los cuales 32 corresponden a asignaturas obligatorias y 20 créditos de asignaturas elegibles para el plan de estudios de investigación; mientras que para el de profundización, la distribución será de 20 créditos para las asignaturas obligatorias y 32 créditos para las elegibles. La duración de las Maestrías adscritas a la Facultad de Minas será de cuatro (4) períodos académicos.

Como parte de las generalidades a tener en cuenta en el diseño curricular de maestría, en la Facultad de Minas las asignaturas elegibles serán de *posgrado* que

servirán tanto a las Especializaciones, Maestrías y Doctorados, y tendrán una asignación de cuatro (4) créditos por asignatura.

El Seminario de Investigación I de Maestría es común para todos los programas curriculares de este nivel de formación y su contenido se encuentra estructurado para abarcar metodología de la investigación y su implementación.

Para la implementación de los programas curriculares y sus estructuras en la Facultad de Minas, las propuestas de nuevos programas, organizarán sus proyectos conforme las anteriores directrices.

Para la creación de un programa curricular de Maestría y/o Doctorado, se conforma un grupo gestor con el fin de redactar un proyecto de creación. Este *Documento Maestro del Programa* debe incluir los siguientes puntos principales, visualizando su relación con la filosofía Institucional y en concordancia con el Acuerdo 033 de 2007 del CSU (CSU, 2007):

- Justificación
- Demanda potencial del programa
- Objetivos de formación del programa
- Objetivos específicos del plan de estudios
- Perfil de los aspirantes y de los egresados
- Duración del programa
- Plan de estudios (asignaturas, tipología, número de créditos, código, semestre, metodología)
- Articulación entre planes de estudio
- Admisiones (Punto de equilibrio, No. de cupos, pruebas del proceso de admisión)
- Recursos (docentes, infraestructura, planta física, etc...)
- Líneas y grupos de investigación que sustentan el programa

Con el fin que el *Documento Maestro del Programa* sea evaluado conceptual, académica, administrativa y financieramente por las instancias pertinentes, el grupo gestor deberá diligenciar los formatos establecidos por la Dirección Nacional de Programas de Posgrado y contar con la revisión, concepto y aval de:

1. Comité Asesor.
2. Oficina de Planeación de la Sede.
3. Comité de Programas Curriculares de la Facultad de Minas.
4. Consejo de la Facultad de Minas.

5. Comité de Programas Curriculares de Sede.
6. Consejo de Sede.
7. Comité Nacional de Programas Curriculares.
8. Consejo Académico.
9. Consejo Superior Universitario.

El grupo gestor corresponde a los profesores y colaboradores que voluntariamente conforman un equipo de trabajo que llevará el diseño curricular desde la gestación de la idea, hasta la conformación del proyecto de creación, el cual se ha denominado en esta investigación *Documento Maestro del Programa*.

La propuesta de creación debe ser una combinación de los requerimientos, visión del entorno y tendencias mundiales, con los elementos y recursos que la Institución tenga para soportar el diseño curricular propuesto. El Documento Maestro del Programa, parte de un grupo gestor quien elabora la propuesta inicial y paulatinamente, es analizado y evaluado por distintas instancias revisoras, que van realizando realimentación en cada una de las etapas y las cuales se van incorporando en el proceso, previo a la valoración de la siguiente instancia superior.

La primera etapa que corresponde a la elaboración de la propuesta de diseño curricular, *Documento Maestro del Programa*, es la de mayor incertidumbre y es donde adquiere relevancia el tomador de decisiones.

Para efectos académicos, el ejercicio se realiza para diseñar el programa curricular de Maestría en Ingeniería – Analítica. El grupo gestor estuvo conformado por el Director del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión, profesor Juan David Velásquez, y el Director del Área Curricular en Ingeniería de Sistemas e Informática, profesor Carlos Jaime Franco Cardona. El equipo facilitador en el proceso de análisis y toma de decisiones fueron la ingeniera Lina Marcela Guerra Yepes y la economista Diana Castañeda Rendón. La descripción del procedimiento implementado en cada una de las fases del diseño curricular es la siguiente:

Fase 1

Generación de la Idea

Según se explicó en la parte inicial de este capítulo, la idea, necesidad, abstracción de la realidad, elemento clave o visionario proviene de un miembro de la comunidad académica: docente, directivo, administrativo, estudiante; o por parte de un externo: empresa, entidad gubernamental, institutos de I+D+i, tanto nacional

como internacional. Generalmente, quien presenta la idea inicial, conforma el grupo gestor del proceso de diseño curricular.

En este caso, se toman como insumo, los antecedentes del programa curricular de Especialización en Analítica (Ver Anexo 2: Documento Maestro - Especialización en Analítica).

Inicialmente la investigación se concentra en la identificación de las necesidades del medio y/o tendencias en esta área del conocimiento, realizando una exploración documental relativa a material de referencia en temas de visión o prospectiva tomado del contexto nacional e internacional:

- 100 Data and Analytics Predictions Through 2021. Consultora Gartner, Inc.
- Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century. Harvard Business Review.
- Analítica: El sentido del Big Data. Computerworld Colombia, 2015.
- BIG DATA Aquí y ahora 2015. Situación mundial y foco en el mercado de Colombia. Barcelona: OBS Business School. José María Maroto, 2015.
- Científico de datos: el profesional más demandado en los próximos años. LaNación.cl, mba & educación ejecutiva 2016.
- Tendencia en el Mercado laboral para expertos en Big Data y Data Science. Indeed.com.
- Growth of Analytics Degree Programs. Michael Rappa, 2016.
- Gestión IT4+. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

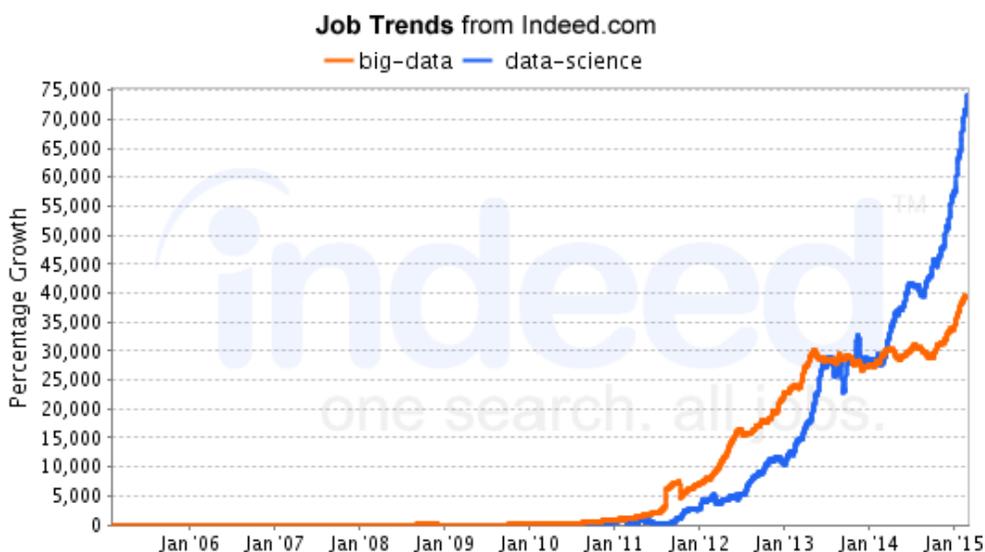


Ilustración 14. Tendencia en el Mercado laboral para expertos en Big Data y Data Science

Fuente: Job Trends, Indeed.com

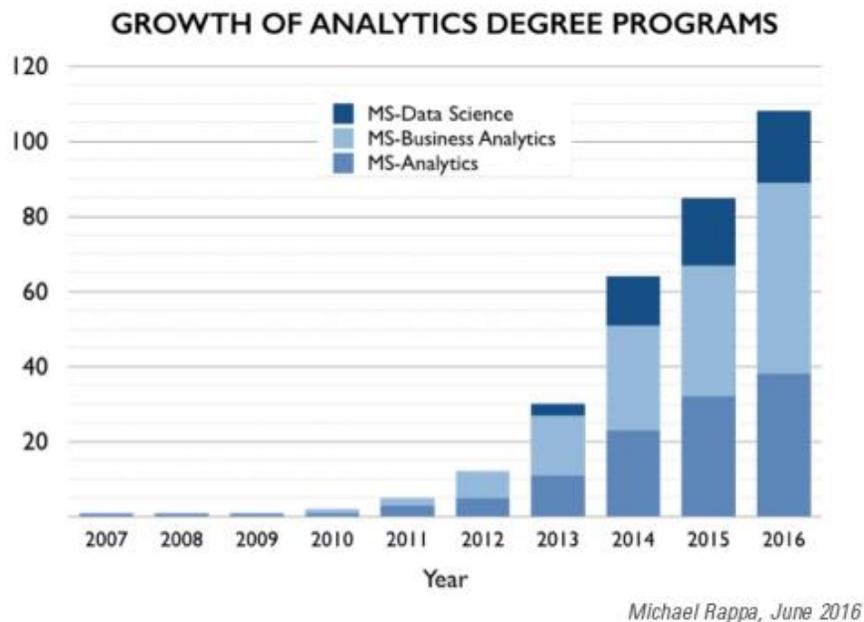


Ilustración 15. Tendencia de creación de programas en el área de analítica
Fuente: Rappa, 2016

Este estudio documental y descriptivo constituye la base para el proceso de análisis y permite precisar el área de desarrollo del nuevo programa. Con la información recopilada, se cita a reunión con el grupo gestor para analizar y direccionar el paso a seguir.

Fase 2

Evaluación de la Pertinencia

Proceso sistemático de recopilación de información de relevancia, importancia y conveniencia de la idea inicial preconcebida.

Siguiendo los lineamientos presentados a inicios de este capítulo para la evaluación de la pertinencia; la construcción de la fundamentación documental y descriptiva emplea los elementos del material de referencia en temas de visión o prospectiva tomado del contexto nacional e internacional, que, a juicio del grupo gestor, presenten mayor relevancia y aporte para la creación del nuevo programa.

Con este material y los antecedentes del documento de la Especialización en Analítica, se elabora la base conceptual que dará soporte a la pertinencia del programa de Maestría.

La constitución del apartado de pertinencia para la Maestría en Ingeniería – Analítica se enfocó en destacar:

- El crecimiento que ha tenido el área de Big Data & Analytics.
- Evidenciar la necesidad de contar con científicos de datos en las organizaciones
- La proyección sobre tendencias laborales.
- La proyección de los programas académicos en los campos de acción de las áreas de conocimiento de Big Data & Analytics.
- La apropiación de la tendencia por parte de las autoridades gubernamentales colombianas.

Se programa reunión para socializar la propuesta de pertinencia, realizar los ajustes necesarios para dar continuidad con la construcción del documento maestro

Fase 3

Investigación de Programas de Referencia → Revisión de la Filosofía Académica del Nuevo Programa y del Perfil de Egreso

Realizar un benchmarking de programas curriculares de igual denominación o similar filosofía.

Se realiza una minería de datos relacionada con Instituciones de Educación Superior que cuentan con programas académicos relacionados con BigData, Analytics, Ciencia de los Datos, Inteligencia de Negocios.

El benchmarking se realiza en IES de Europa, Norte América y América Latina, y se trata de considerar las Instituciones que tengan mejores posiciones en los rankings internacionales reconocidos.

Para el caso del nuevo programa curricular de Maestría en Ingeniería - Analítica, en las siguientes dos tablas, se presenta un consolidado que contiene información de los programas y de las instituciones universitarias nacionales e internacionales que sirvieron de referencia:

Programas en Analítica en Universidades Nacionales

Tabla 3. Relación de programas en analítica en universidades nacionales

Universidad	Nombre del Programa	Departamento	Año de creación
Universidad de los Andes	Maestría en Inteligencia Analítica para la Toma de Decisiones	Cundinamarca	2015
Pontificia Universidad Javeriana	Maestría en Analítica para la Inteligencia de Negocios	Cundinamarca	2016

Programas en Analítica en Universidades Internacionales

Tabla 4. Resumen relación de programas en analítica en universidades internacionales*

Programa	País	No. Programas
Programas con Similar Denominación	Argentina	2
	España	12
	Francia	2
	Italia	3
	México	3
	Perú	1
	Rumania	1
	Suecia	1
	USA	17
Programas que guardan relación en sus líneas de investigación con el área de analítica	España	1
	Países Bajos	1
	USA	5
Total Programas Consultados		49

* El detalle del benchmarking de los programas curriculares internacionales, puede consultarse en el Anexo 4: Documento Maestro – Maestría en Ingeniería –Analítica, páginas 7-10, numeral 3.1.2. Estado del programa a nivel Internacional, en la Tabla 2. Relación de programas en analítica en universidades Internacionales.

Se realiza una reunión para hacer una revisión de los planes de estudio que se toman como referencia del contexto internacional, se analiza la información de

perfil de egreso, conocimientos adquiridos y planes de estudio, y se definen las líneas académicas específicas que caracterizarán el nuevo programa curricular.

Fase 4

Elaboración de la Justificación → Objetivo General del nuevo Programa y Asignaturas

Según lo enunciado en la propuesta metodológica que se presenta en este capítulo, se elabora la primera propuesta de diseño del programa curricular que contiene la introducción en dónde se da una ambientación sobre el campo de acción del tópico elegido. Se presenta además la pertinencia, y una propuesta de objetivo general, asignaturas que conformarán el plan de estudios y las líneas generales que conformarán el perfil de egreso del programa.

En simultáneo se trabaja en la justificación de la creación del programa curricular, y se toman como referencias, documentos de prospectiva como planes de desarrollo de país, de Universidad, regionales, y comentarios documentados sobre tendencias mundiales en el tema.

Para construir los elementos constitutivos en esta fase, para la Maestría en Ingeniería – Analítica se tomaron como referentes:

- Investigación documental realizada en la fase de *Evaluación de la Pertinencia*.
- Plan de Desarrollo del país 2014-2018: “Todos por un nuevo país”.
- Colombia, uno de los países que más científicos de datos tendrá. Alexander Delgado, Vanguardia.com 2015.
- Proyecto de innovación denominado Caoba. Viceministerio de Tecnologías y Sistemas de la Información, TECNÓSFERA, 2016.
- Fortalezas Profesionales y Académicas del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión y el Área Curricular en Ingeniería de Sistemas e Informática:
 - Grupos de Investigación asociados al Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión.
 - Los profesores que se encuentran vinculados a cada uno de estos grupos de investigación.
 - Los proyectos de investigación más representativos relacionados con Analítica.

- Estimación conceptual y descriptiva de la demanda potencial que tendría el nuevo programa curricular.

Una vez elaborados los apartados de la justificación, objetivo general, asignaturas que conformarán el plan de estudios, líneas generales que conformarán el perfil de egreso, y los elementos presentados en las anteriores fases; se realiza una nueva reunión para socializar, analizar y recibir realimentación, para continuar con la consolidación del documento maestro.

Fase 5

Definición de los Recursos Humanos, Financieros, Tecnológicos y de Infraestructura

De acuerdo con lo establecido a inicios del capítulo y paralelo con el desarrollo de la Fase 4, se da inicio con la proyección y definición de recursos de infraestructura, tecnológicos y de personal que darán soporte al programa, para obtener el aval de viabilidad financiera por parte de la Oficina de Planeación y Estadística de la UN.

Para ello se especifican los recursos estimados para la viabilidad presupuestal del nuevo programa curricular, semestre a semestre. Para la Maestría en Ingeniería – Analítica, la proyección se realiza para los cuatro (4) períodos académicos que se han definido de duración del programa, se establece una periodicidad de admisión semestral, una estimación de 20 estudiantes matriculados y se especifica la siguiente información relacionada con las fuentes de financiación del programa y los costos de operación:

Las Fuentes de Financiación del Programa

- Recursos Generados por el Programa
- Otros Recursos (Aportes en Efectivo)
- Becas
- Convenios

Los Costos de Operación

- Recursos para la actividad académica
 - Infraestructura
 - Equipos de laboratorio
 - Equipos Informáticos y medios audiovisuales
 - Publicaciones y bibliotecas
 - Suministros y mantenimiento

- Recursos Administrativos
 - Equipos de oficina
 - Suministros y mantenimiento
 - Publicidad
- Recursos Humanos Académicos y Administrativos
 - Personal académico
 - Personal administrativo
 - Desplazamiento
 - Capacitación
- Financiación de la Investigación
- Transferencias

El formato de estimación del componente presupuestal en las propuestas de creación de nuevos programas curriculares, diligenciado en su totalidad, es enviado a la Oficina de Planeación y Estadística de la UN – Sede Medellín para su aval (Ver Anexo 3: Formato Punto de Equilibrio – Maestría en Ingeniería – Analítica).

Fase 6

Diseño Curricular

Documento Maestro de Creación del Nuevo Programa Curricular

En la propuesta metodológica de diseño curricular de éste capítulo, se finaliza la propuesta de documento maestro del nuevo programa curricular con todos los elementos constitutivos de la propuesta: Pertinencia, Justificación, Programas de Referencia, Contexto nacional e internacional, Definición y Descripción del Programa Curricular, y establecimiento de los Recursos Humanos, Financieros, Tecnológicos y de Infraestructura.

Se envía la propuesta de documento maestro para análisis y evaluación al grupo gestor, se recibe realimentación, y se prepara el documento final de la propuesta para dar inicio con los procesos de revisión y evaluación por parte de las diferentes instancias decisoras, que analizarán la creación del nuevo programa de manera integral, y quienes avalarán y materializarán la creación mediante Acuerdos del Consejo Superior Universitario y Consejo Académico de la UN (Ver Anexo 4: Documento Maestro - Maestría en Ingeniería – Analítica).

6. Conclusiones

Esta investigación realizada en el marco del desarrollo del programa de la Maestría en Ingeniería – Ingeniería de Sistemas, está enfocada en el campo del análisis de decisiones, específicamente en el de los problemas mal estructurados y algunas de las metodologías que se han definido para la estructuración de este tipo de situaciones complejas.

Entender mejor la esencia de este tipo de problemas, comprender la complejidad que los rodea y explorar las herramientas que se han venido desarrollando para la estructuración y mejor definición del espacio del problema; dio una mayor claridad para aplicar estos conceptos al proceso de diseño curricular, haciendo evidente que durante el desarrollo del currículo, los aspectos de incertidumbre, el dinamismo con el que evoluciona la gestión del conocimiento y los sesgos y preferencias que introducen los diferentes agentes que intervienen en el proceso, hacen del diseño curricular, un problema de toma de decisiones en permanente transición.

El potencial de integración de metodologías y métodos puede ser de gran utilidad a la hora de tratar de estructurar de una mejor forma el problema que se desea abordar. La investigación se vale de la multimetodología para integrar el Enfoque de Elección Estratégica (SCA), la Heurística de Sistemas Críticos (CSH) y la Planificación Interactiva (IP) como metodologías de estructuración de problemas; y el Modelo de diseño curricular de Peter Oliva; para respaldar y soportar la propuesta metodológica de diseño curricular, objeto de este estudio.

La combinación de las metodologías SCA, HSC e IP, al modelo de Oliva; permite identificar los elementos y factores que conforman un programa curricular, realizar un análisis de las diferentes relaciones y vínculos existentes entre cada uno de ellos y reflejar las preferencias de los actores que intervienen en las diferentes etapas del diseño curricular. Estas relaciones de causalidad combinadas con los criterios de decisión de los agentes, llevan a definir algunos de los requisitos esenciales que soportarán el proceso de diseño curricular.

La metodología de diseño curricular propuesta, permite contar con un proceso sistemático que de soporte a la creación de nuevos programas académicos en la UN, articulando de manera estructurada, las necesidades del medio junto con las capacidades institucionales para responder a los nuevos retos y desafíos académicos. La formalización de la metodología, es la validación de un estudio

realizado y de la experiencia; y sirve como guía y soporte a los grupos gestores que deseen tomarla como referencia.

El espacio de aplicación fue limitado para efectos académicos, pero permitió indagar y consultar la diferente documentación relacionada con el futuro del científico de datos; así como las intervenciones con los stakeholders en donde se analizaban y entregaban las necesidades del medio y se dejaba evidente la pertinencia del programa de Maestría en Ingeniería - Analítica como uno de los posgrados de gran impacto en el desarrollo y consolidación de la evolución organizacional.

Esta investigación ha permitido no sólo tener un mayor conocimiento sobre la disciplina del análisis de decisiones, sino comprender que la aplicación de los avances que se entregan en esta área, son de gran impacto y utilidad en prácticamente todos los campos de la actividad humana, en donde constantemente nos encontramos enfrentados con complejos problemas de decisión, que involucran incertidumbre, dinámicos y en donde intervienen múltiples grupos de interés, como es el caso del diseño curricular.

Así como esta propuesta integra las metodologías SCA, HSC e IP, y el modelo de Oliva; no es algo preestablecido, sino que abre las posibilidades de realizar diferentes combinaciones con el propósito de aumentar la comprensión en el proceso de diseño curricular.

7. Limitaciones y Futuras Investigaciones

Como limitaciones se encuentra el hecho de aplicar la multimetodología de diseño curricular propuesta para el proceso de creación de un programa curricular de posgrado, debido a que el plan de estudios se encuentra estructurado para contemplar un número menor de asignaturas, comparado con un pregrado. Desarrollar un Modelo de Optimización y Análisis Multi Objetivo para encontrar la combinación óptima de las asignaturas que componen un plan de estudios de pregrado; se convierte en un reto interesante.

Para ésta investigación, el grupo gestor contaba con la participación de un número reducido de integrantes. Contar con la participación de un gran número de actores, que pertenezcan a diferentes ámbitos en el medio, y que desempeñen distintos roles; va a permitir que la organización de las intervenciones de los grupos de interés, la planeación y su posterior análisis, potencialice al máximo el uso de las

metodologías de estructuración de problemas propuestas. Aplicar a gran escala esta propuesta multimetodológica para diseñar un programa curricular, sería un excelente ejercicio para la validación de la investigación.

Igualmente, el uso de otras metodologías de estructuración de problemas, junto con otros modelos de desarrollo curricular, pueden ser interesantes propuestas para contribuir al enriquecimiento de la comprensión alrededor de los procesos de creación de programas curriculares, pertinentes y acordes a las necesidades y tendencias del medio.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1977). Optimization + objectivity = optout. *European Journal of Operational Research*, 1(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(77\)81003-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(77)81003-5)
- Ackoff, R. L. (2001). A Brief Guide to Interactive Planning and Idealized Design. Retrieved from <https://www.ida.liu.se/~steho87/und/htdd01/AckoffGuidetoIdealizedRedesign.pdf>
- Ahmad, D. (2014). Understanding the 2013 Curriculum of English Teaching through the Teachers " and Policymakers " Perspectives. *International Journal of Enhanced Research in Educational Development*, 2(4), 2320–87086. Retrieved from http://www.erpublications.com/uploaded_files/download/download_25_07_2014_16_32_27.pdf
- Albert, M. (2003). Bayesian Rationality and Decision Making: A Critical Review *, 25, 101–117. Retrieved from [http://www.phil.vt.edu/dmayo/conference_2010/Albert Bayesian Rationality and Decision Making A Critical Review.pdf](http://www.phil.vt.edu/dmayo/conference_2010/Albert%20Bayesian%20Rationality%20and%20Decision%20Making%20A%20Critical%20Review.pdf)
- Alkki, H. M. €., & Paatero, J. V. (2015). Curriculum planning in energy engineering education. *Journal of Cleaner Production*, 106, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.109>
- Ann Marie Hill. (1993). *A study of the impact of computer technology on Quebec's apparel industry and college-level apparel design programs*. Ohio State University. Retrieved from https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=osu1487843314697239&disposition=inline
- Aspen, D. M., Sparrevik, M., & Fet, A. M. (2015). Review of methods for sustainability appraisals in ship acquisition. *Environment Systems and Decisions*, 35(3), 323–333. <https://doi.org/10.1007/s10669-015-9561-6>
- Ballard, G., & Whelton, M. (2012). Project Definition and Wicked Problems. *Proceedings of the International Group for Lean Construction 10th Annual*

- Conference. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/233734680>
- Bechmann, G., Gorokhov, V., & Stehr, N. (2009). *The Social Integration of Science: Institutional and Epistemological Aspects of the Transformation of Knowledge in Modern Society*. Berlin: edition sigma.
- Bonneau, G.-P., Hege, H.-C., Johnson, C. R., Oliveira, M. M., Potter, K., Rheingans, P., & Schultz, T. (2014). Overview and State-of-the-Art of Uncertainty Visualization, 3–27. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/53dd/7149c2dc681823a7f9eb8598533a5dad3735.pdf>
- Bore, A., & Wright, N. (2009). The wicked and complex in education: developing a transdisciplinary perspective for policy formulation, implementation and professional practice. *Journal of Education for Teaching*, 35(3), 241–256. <https://doi.org/10.1080/02607470903091286>
- Boschman, F., Mckenney, S., Voogt, J., Boschman, F., Mckenney, Á. S., Mckenney, S., & Voogt, J. (2014). Understanding decision making in teachers' curriculum design approaches. *Education Tech Research Dev*, 62, 393–416. <https://doi.org/10.1007/s11423-014-9341-x>
- Buchanan, R. (2010). Wicked Problems in Design Thinking. *KEPES*, 7(6), 7–35. Retrieved from http://200.21.104.25/kepes/downloads/Revista6_2.pdf
- Burge, S. (2015). System Thinking: Approaches and Methodologies An Overview of the Soft Systems Methodology. Retrieved from <https://www.burgehugheswalsh.co.uk/Uploaded/1/Documents/Soft-Systems-Methodology.pdf>
- Checkland, P., & Poulter, J. (2010). Soft Systems Methodology. In M. Reynolds & S. Holwell (Eds.), *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide* (pp. 191–242). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_5
- Churchman, C. W. (1967). Wicked Problems. *MANAGEMENT SCIENCE*, 14(4), B141–B142. Retrieved from <https://punkrockor.files.wordpress.com/2014/10/wicked-problems-churchman-1967.pdf>
- Colciencias, D. A. de C. T. e I. (2016). Anexo 4. Descripción de los contenidos del proyecto.
- Conklin, J. (2001). Social Complexity Wicked Problems. *CogNexus Institute*. Retrieved from <http://www.cognexus.org>.
- Cronin, K., Midgley, G., & Skuba Jackson, L. (2013). Issues Mapping : A problem structuring method for addressing science and technology conflicts. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.08.012>
- CSU, C. S. U. Acuerdo 033 de 2007 del CSU, Pub. L. No. Acuerdo 033 de 2007, Universidad Nacional de Colombia 1 (2007). Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.legal.unal.edu.co/sisjurun/normas/Norma1.jsp?i=34245>
- CSU, C. S. U. Acuerdo 035 de 2009 del CSU, Pub. L. No. Acuerdo 035 de 2009 del CSU, Universidad Nacional de Colombia (2009). Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=35445
- Curtis, N. J., Dortmans, P. J., & Ciuk, J. (2006). 'Doing the right problem' versus

- 'doing the problem right': problem structuring within a Land Force environment. *Journal of the Operational Research Society*, 57(11), 1300–1312. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602123>
- Daud, D., Ahmad, H., & Johari, H. (2012). Oliva Model in Malaysian Logistics Curriculum: A Conceptual Framework Paper. *International Journal of Learning & Development*, 2(3), 217–228. <https://doi.org/10.5296/ijld.v2i3.1884>
- De Smet, Y., & Lidouh, K. (2012). An Introduction to Multicriteria Decision Aid: The PROMETHEE and GAIA Methods. *Business Intelligence*, 150–176. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-36318-4_7
- Dossey, J. (1992). THE NATURE OF MATHEMATICS: ITS ROLE AND ITS INFLUENCE. Retrieved from <http://storage.cet.ac.il/SharvitNew/Storage/939935/424648.pdf>
- Edwards, W. (1954). The theory of decision making. *Psychological Bulletin*, 51(4), 380–417. <https://doi.org/10.1037/h0053870>
- Emes, C., & Cleveland-Innes, M. (2003). A Journey Toward Learner-Centered Curriculum. *The Canadian Journal of Higher Education*, XXXIII(3), 47–70. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ788477.pdf>
- Fitriati, R. (2014). Applying Interactive Planning on Leadership in the Organization: The Case of Transforming Public Transport Services in Banjarmasin. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 115, 283 – 295. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.436>
- Forsythe, H. W. (1984). *Teachers' perceptions of the caribbea examinations council home economics syllabus and school-based*. Oklahoma State University. Retrieved from <https://shareok.org/bitstream/handle/11244/16127/Thesis-1984-W167t.pdf?sequence=1>
- Franco, L. A. (2006). Forms of conversation and problem structuring methods: a conceptual development. *Journal of the Operational Research Society*, 57(57), 813–821. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602169>
- Friend, J. K. (John K., & Hickling, A. (2005). *Planning under pressure : the strategic choice approach*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 62, 451–482. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>
- Gray, B. (1989). *Collaborating : finding common ground for multiparty problems*. Jossey-Bass. Retrieved from <https://www.ncjrs.gov/App/Publications/abstract.aspx?ID=122117>
- Greeno, J. G. (1976). Indefinite goals in well-structured problems. *Psychological Review*, 83(6), 479–491. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.6.479>
- Greenrod, G., & Jezerskytė, E. (2016). Characteristics of the Learning Paradigm Based University Curriculum. *Andragogy*, 1(6), 79–106. <https://doi.org/10.15181/andragogy.v5i0.960>
- Guitouni, A., & Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*, 109(2), 501–521. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00073-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00073-3)
- Henson, K. T. (2015). *Curriculum planning: Integrating multiculturalism, constructivism, and education reform*. Waveland Press. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=20gaBgAAQBAJ&oi=fnd&p>

- g=PR3&dq=Curriculum+Planning:+Integrating+Multiculturalism,+Constructivism ,+and+Education+Reform+Escrito+por+Kenneth+T.+Henson&ots=HCDL9xtUUq &sig=rTHQTPbCOTIAN-fB43w02N4PI6Q&redir_esc=y#v
- Hong, N. S. (1998). *The relationship between well-structured and ill-structured problem solving in multimedia simulation*. Pennsylvania State University. Retrieved from <http://www.cet.edu/pdf/structure.pdf>
- Howard, R. A. (1968). The Foundations of Decision Analysis. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(3), 211–219. <https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300115>
- Howard, R. A. (2007). The Foundations of Decision Analysis Revisited. In W. Edwards, R. F. J. Miles, & D. von Winterfeldt (Eds.), *Advances in Decision Analysis* (pp. 32–56). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511611308.004>
- Huizinga, T., Handelzalts, A., Nieveen, N., & Voogt, J. M. (2014). Teacher involvement in curriculum design: need for support to enhance teachers' design expertise. *Journal of Curriculum Studies*, 46(1), 33–57. <https://doi.org/10.1080/00220272.2013.834077>
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–94. <https://doi.org/10.1007/BF02299613>
- Jordan, M. E., Kleinsasser, R. C., & Roe, M. F. (2014). Wicked problems: inescapable wickedness. *Journal of Education for Teaching*, 40(4), 415–430. <https://doi.org/10.1080/02607476.2014.929381>
- Kahneman, D. (2014). Thinking, Fast and Slow. Retrieved from <http://www.math.chalmers.se/~ulfp/Review/fastslow.pdf>
- Kahneman, D., & Frederick, S. (2002). Representativeness Revisited: Attribute Substitution in Intuitive Judgment. *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*, 49, 81. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808098.004>
- Ke, H., Su, T., & Ni, Y. (2015). Uncertain random multilevel programming with application to production control problem. *Soft Computing*, 19(6), 1739–1746. <https://doi.org/10.1007/s00500-014-1361-2>
- Keeney, R. L. (1982). Decision Analysis: An Overview. *Operations Research*, 30(5), 803–838. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/pdf/170347.pdf>
- Keys, P. (2006). On Becoming Expert in the Use of Problem Structuring Methods. *Journal of the Operational Research Society*, 57, No. 7(Special Issue: Problem Structuring Methods (Jul., 2006)), 822–829. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602194>
- Laihsan, D., & Zeckhauser, R. (1998). Amos Tversky and the Ascent of Behavioral Economics. *Journal of Risk and Uncertainty*, 16(1), 7–47. <https://doi.org/10.1023/A:1007717224343>
- Lami, I. M., Abastante, F., Bottero, M., Masala, E., & Pensa, S. (2014). Integrating multicriteria evaluation and data visualization as a problem structuring approach to support territorial transformation projects. *EURO Journal on Decision Processes*, 2(3–4), 281–312. <https://doi.org/10.1007/s40070-014-0033-x>
- Liang, X., & Xiao, Y. (2013). Game Theory for Network Security. *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 15(1).

- <https://doi.org/10.1109/SURV.2012.062612.00056>
- Lunenburg, F. C. (2011). Curriculum Development: Inductive Models. *Schooling*, 2(1), 1–8. Retrieved from <http://www.nationalforum.com/Electronic Journal Volumes/Lunenburg, Fred C. Curriculum Development-Inductive Models-Schooling V2 N1 2011.pdf>
- Lynch, C. F., Ashley, K. D., Alevan, V., & Pinkwart, N. (2006). Defining ill-defined domains; a literature survey. In *Proceedings of the workshop on intelligent tutoring systems for ill-defined domains* (pp. 1–10). 8th international conference on intelligent tutoring systems. Retrieved from <http://people.cs.pitt.edu/~collinl/Papers/Ill-DefinedProceedings.pdf#page=7>
- Malan, C., & Pretorius, L. (2015). Decision Support Framework for Infrastructure Strategies. In *International Association for Management of Technology IAMOT 2015* (pp. 288–305).
- Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications – Two decades review from 1994 to 2014. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 4126–4148. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>
- Martínez, L., & Herrera, F. (2012). An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. *Information Sciences*, 207, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.04.025>
- McKimm, J. (2003). *Curriculum design and development*. Retrieved from https://faculty.londondeanery.ac.uk/e-learning/explore-further/e-learning/setting-learning-objectives/Curriculum_design_and_development.pdf
- McMillan, C., & Overall, J. (2016). Wicked problems: turning strategic management upside down. *Journal of Business Strategy*, 37(1), 34–43. <https://doi.org/10.1108/JBS-11-2014-0129>
- Mehmood, F. (2015). Problem structuring: A study on the available methods and their integration and effective proposition for successful interventions, 1–142. <https://doi.org/10.6092/polito/porto/2591954>
- MEN, M. de E. N. (2009). Pertinencia de la educación: ¿pertinente con qué? - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:... Retrieved June 16, 2018, from <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-209857.html>
- Miles, R. F. (2007). The Emergence of Decision Analysis. *Advances in Decision Analysis: From Foundations to Applications*, (1926), 13–31.
- Millet, I., & Gogan, J. L. (2006). A dialectical framework for problem structuring and information technology. *Journal of the Operational Research Society*, 57(4), 434–442. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602011>
- Mingers, J. (2011). Soft OR comes of age—but not everywhere! *Omega*, 39(6), 729–741. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.01.005>
- Mingers, J. (2015). Helping business schools engage with real problems: The contribution of critical realism and systems thinking. *European Journal of Operational Research*, 242, 316–331. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.10.058>
- Mingers, J., & Rosenhead, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 530–554.

- [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00056-0)
- Morgenstern, O. (1976). The Collaboration Between Oskar Morgenstern and John von Neumann on the Theory of Games. *Journal of Economic Literature*, 14(3), 805–816. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/pdf/2722628.pdf?refreqid=excelsior%3A9441eda8562076203040a45bea355b62>
- Morton, A., & Phillips, L. D. (2009). Fifty years of probabilistic decision analysis: a view from the UK, 60. <https://doi.org/10.1057/jors.2008.175>
- Mulenga, I. M., & Luangala, J. R. (2015). Curriculum Design in Contemporary Teacher Education: What Makes Job Analysis a Vital Preliminary Ingredient? *International Journal of Humanities Social Sciences and Education*, 2(1), 39–51. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.679.2294&rep=rep1&type=pdf>
- Murphy, F. H. (2016). Economics and Operations Research. *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 466–476. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7_270
- Myerson, R. B. (1991). *Game theory: analysis of conflict*. Harvard University Press.
- Newlyn, D. (2016). Traditional Curriculum Theory: Its Place in the Development of Law Units. *Asian Journal of Education and E-Learning*, 04(01), 2321–2454. Retrieved from <http://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws%3A34426/datastream/PDF/view>
- Ngcongong, P. G. P. (2001). *The Role Of Principals In Managing Curriculum Change*. University of Zuland. Retrieved from <http://uzspace.uzulu.ac.za/bitstream/handle/10530/746/The+Role+of+Principals+in+Managing+Curriculum+Change+-+FT+Dimba.pdf?sequence=1>
- Nguyen, A.-T., Reiter, S., & Rigo, P. (2014). A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. *Applied Energy*, 113, 1043–1058. Retrieved from [http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/155988/1/Nguyen AT.pdf](http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/155988/1/Nguyen%20AT.pdf)
- Offorma, G. (2015). CURRICULUM DIVERSIFICATION AS A FUNCTION OF SOCIAL ENGINEERING / RESTRUCTING. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Grace_Offorma/publication/280722561_CURRICULUM_DIVERSIFICATION_AS_A_FUNCTION_OF_SOCIAL_ENGINEERING_RESTRUCTING/links/55c2f15308aea2d9bdbff449.pdf
- Ohlsson, J., Han, S., Hultin, M., & Rosengren, B. (2016). How to Achieve Sustainable Business IT Alignment -- Designing a Circular Organizational Structure at SAAB. In *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 5116–5125). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.633>
- Oliva, P. F. (2005). *Developing the Curriculum*. (2005 Pearson/Allyn and Bacon, Ed.) (Sixth). Allyn and Bacon. Retrieved from https://books.google.com.co/books/about/Developing_the_Curriculum.html?id=QAdKAAAYAAJ&redir_esc=y
- Onojerena, E. J. (2014). The Role of School Managers in Curriculum Implementation in Nigerian Secondary Schools. | *STUDIES IN EDUCATION*. Retrieved June 6,

- 2017, from <http://foeaau.com/?p=742>
- Ormerod, R. J. (2014). OR competences: the demands of problem structuring methods. *EURO Journal on Decision Processes*, 2(3–4), 313–340. <https://doi.org/10.1007/s40070-013-0021-6>
- Pourdehnad, J. (2011). Systems and Design Thinking: A Conceptual Framework for Their Intergration. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/John_Pourdehnad/publication/286810828_Systems_Design_Thinking_A_Conceptual_Framework_for_Their_Intergration/links/58e3d36ca6fdcc11e5219f9d/Systems-Design-Thinking-A-Conceptual-Framework-for-Their-Intergration.pdf
- Presidente, R. de C. Decreto 1210 de 1993, Pub. L. No. Decreto 1210 de 1993, 14 (1993). República de Colombia: Ministerio de Educación Nacional.
- Presidente, R. de C. (2003). Decreto 2566 de Septiembre 10 de 2003. Retrieved from https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86425_Archivo_pdf.pdf
- Pretz, J. E., Naples, A. J., & Sternberg, R. J. (2003). Recognizing, defining, and representing problems. In *The psychology of problem solving*.
- Prideaux, D. (2003). ABC of learning and teaching in medicine. Curriculum design. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 326(7383), 268–270. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12560283>
- Priestley, M. (2011). Whatever happened to curriculum theory? Critical realism and curriculum change. *Pedagogy, Culture & Society*, 19(2), 221–237. Retrieved from [https://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/2991/1/Realist Social Theory and the Curriculum.pdf](https://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/2991/1/Realist%20Social%20Theory%20and%20the%20Curriculum.pdf)
- Raiffa, H. (2002). Decision Analysis: A Personal Account of How It Got Started and Evolved. *Operations Research*, 50(1), 179–185. <https://doi.org/10.1287/opre.50.1.179.17797>
- Ramaley, J. A. (2014). The Changing Role of Higher Education: Learning to Deal with Wicked Problems. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 18(7). Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1043282.pdf>
- Rampedi, M. P. (2001). *Criteria For A Model For The Integration Of Environmental Education Into The School Curriculum Of The Northern Province*. University of South Africa. Retrieved from http://uir.unisa.ac.za/bitstream/handle/10500/6111/thesis_rampedi_mp.pdf?sequence=3
- Raymaker, D. M. (2016). Intersections of Critical Systems Thinking and Community Based Participatory Research: A Learning Organization Example with the Autistic Community. *Systemic Practice and Action Research*, 29(5), 405–423. <https://doi.org/10.1007/s11213-016-9376-5>
- Reynolds, M., Gates, E., Hummelbrunner, R., Marra, M., & Williams, B. (2016). Towards systemic evaluation. *Systems Research and Behavioral Science*, 33, 662–673. Retrieved from [http://oro.open.ac.uk/47426/1/\(Paper\) Towards Systemic Evaluation6 FINAL.pdf](http://oro.open.ac.uk/47426/1/(Paper)%20Towards%20Systemic%20Evaluation6%20FINAL.pdf)
- Ritchey, T. (2013). Wicked Problems: Modelling Social Messes with Morphological Analysis Modelling Social Messes with Morphological Analysis. *Acta Morphologica Generalis AMG*, 2(1). Retrieved from

- <https://www.researchgate.net/publication/236885171>
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01405730>
- Rodriguez-Ulloa, R., & Paucar-Caceres, A. (2005). Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD). *Systemic Practice and Action Research*, 18(3), 303–334.
<https://doi.org/10.1007/s11213-005-4816-7>
- Rose, J. (1997). Soft Systems Methodology as a Social Science Research Tool. *Behavioral Science*, 14(4), 249–258. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1743\(199707/08\)14:43.O.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1743(199707/08)14:43.O.CO;2-S)
- Santoso, M. I. (2015). Applying Interactive Planning on Public Service Leadership in the Directorate General of Immigration Indonesia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 169, 400–410.
<https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2015.01.326>
- Shubik, M. (2002). Game Theory and Operations Research: Some Musings 50 Years Later. *Operations Research*, 50(1), 192–196. Retrieved from <http://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/opre.50.1.192.17789>
- Simon, H. a. (1959). Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science. *The American Economic Review*, 49(3), 253–283. Retrieved from <http://pages.stern.nyu.edu/~dbackus/Exotic/1Time and risk/Simon AER 59.pdf>
- Simon, H. a. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4(3–4), 181–201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Sørensen, L. T., & Valqui Vidal, R. V. (2008). Evaluating Six Soft Approaches. *Economic Analysis Working Papers*, 7(9), 1–20.
- Soto, S. T. (2015). An Analysis of Curriculum Development. *Theory and Practice in Language Studies*, 5(6), 1129–1139. <https://doi.org/10.17507/tpls.0506.02>
- Spetzler, C. S. (2007). Building Decision Competency in Organizations. In 2007 Cambridge University Press (Ed.), *Advances in Decision Analysis: From Foundations to Applications* (Ward Edwar, p. 451).
- Staykova, M. P. (2013). Curriculum Pearls for Faculty Members. *Journal of Curriculum and Teaching*, 2(1), 9. <https://doi.org/10.5430/jct.v2n1p74>
- Su, S.-W. (2012). The Various Concepts of Curriculum and the Factors Involved in Curricula-making. *Journal of Language Teaching and Research*, 3(1), 153–158. <https://doi.org/10.4304/jltr.3.1.153-158>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185, 1124–1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The Framing of Decisions and the Psychology of Choice. *Science, New Series*, 211(4481), 453–458.
- Ulrich, W. (2005). A Brief Introduction to Critical Systems Heuristics (CSH). Retrieved from http://projects.kmi.open.ac.uk/ecosensus/publications/ulrich_csh_intro.pdf
- Ulrich, W., & Reynolds, M. (2010). Critical Systems Heuristics. *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*, 243–292. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_6
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (2007). *Theory of games and economic*

- behavior. Princeton University Press.
- Voss, J. F. (2006). Toulmin's model and the solving of ill-structured problems. In D. Hitchcock & B. Verheij (Eds.), *Arguing on the Toulmin Model* (pp. 303–311). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4938-5_20
- Wang, X., & Triantaphyllou, E. (2008). Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods. *Omega*, 36, 45–63. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.12.003>
- Waters, C. D., Rochester, S. F., & Mcmillan Fcn, M. A. (2012). Drivers for renewal and reform of contemporary nursing curricula: A blueprint for change. *Contemporary Nurse*, 41(2), 206–215. Retrieved from <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/18695/1/2011003619.pdf>
- Watkins, A. (2011). Application of Problem Structuring Methods in an International Organization. *Serbian Project Management Journal*, 1(2), 35–40.
- West, H., Loftin, C. T., & Snyder, C. L. (2017). Curriculum Design. In 2017 Springer Publishing Company (Ed.), *The Health Professions Educator: A Practical Guide for New and Established Faculty* (p. 464).
- Whitsed, C., & Green, W. (2015). Critical Reflections on the Internationalisation of the Curriculum. In *Critical Perspectives on Internationalising the Curriculum in Disciplines* (pp. 277–296). SensePublishers, Rotterdam. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-085-7_1
- Zhang, L., Qiao, X., & Zhu, L. (2014). Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL) The analytic network processes method & fuzzy cognitive map method in decision making: a comparative study. In *The Thirteenth Wuhan International Conference on E-Business—Knowledge Management and Business Intelligence* (pp. 244–251). Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/whiceb2014>

Anexos

1. Ilustraciones Modelos de Diseño Curricular
2. Documento Maestro - Especialización en Analítica
3. Formato Punto de Equilibrio – Maestría en Ingeniería – Analítica
4. Documento Maestro - Maestría en Ingeniería – Analítica

Anexo 1: Ilustraciones Modelos de Diseño Curricular

Modelos de Diseño Curricular

Modelos Inductivos, No Lineales y Descriptivos

El Modelo de Taba

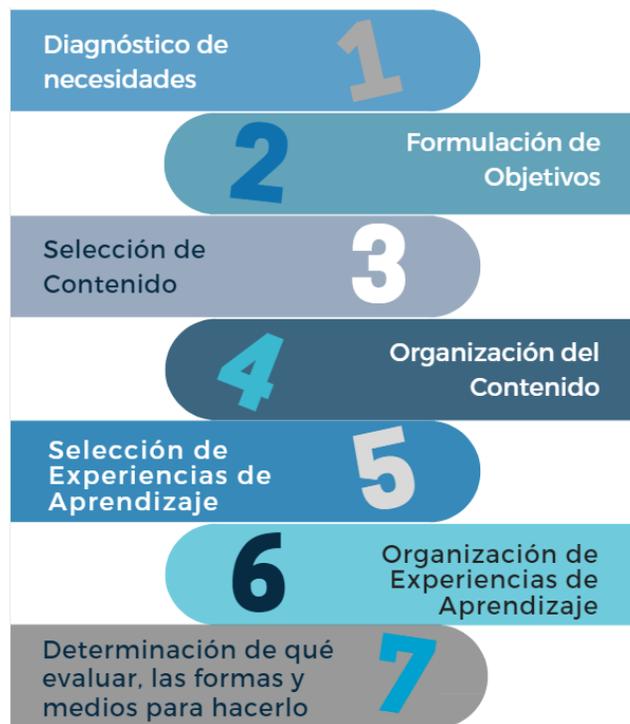


Ilustración 1. Modelo de Taba
Fuente: Kenneth T. Henson, 2015

El Modelo de Zais

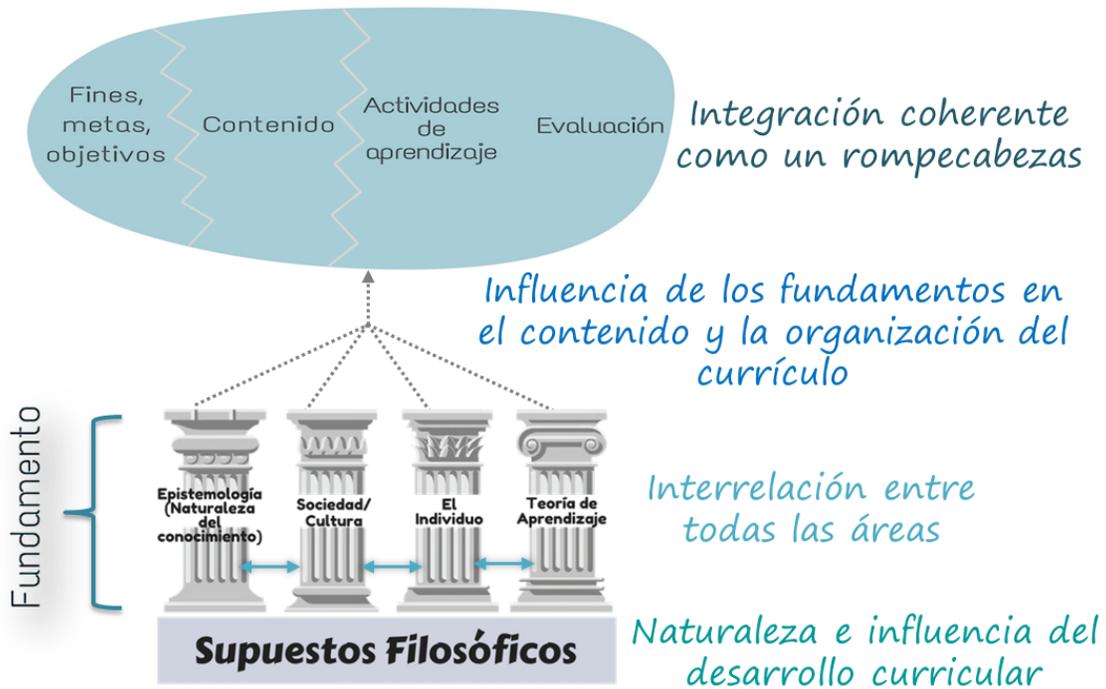


Ilustración 2. Modelo de Zais
Fuente: (Ann Marie Hill, 1993; Henson, 2015)

Modelos Deductivos, Lineales y Prescriptivos

El Modelo de Tyler

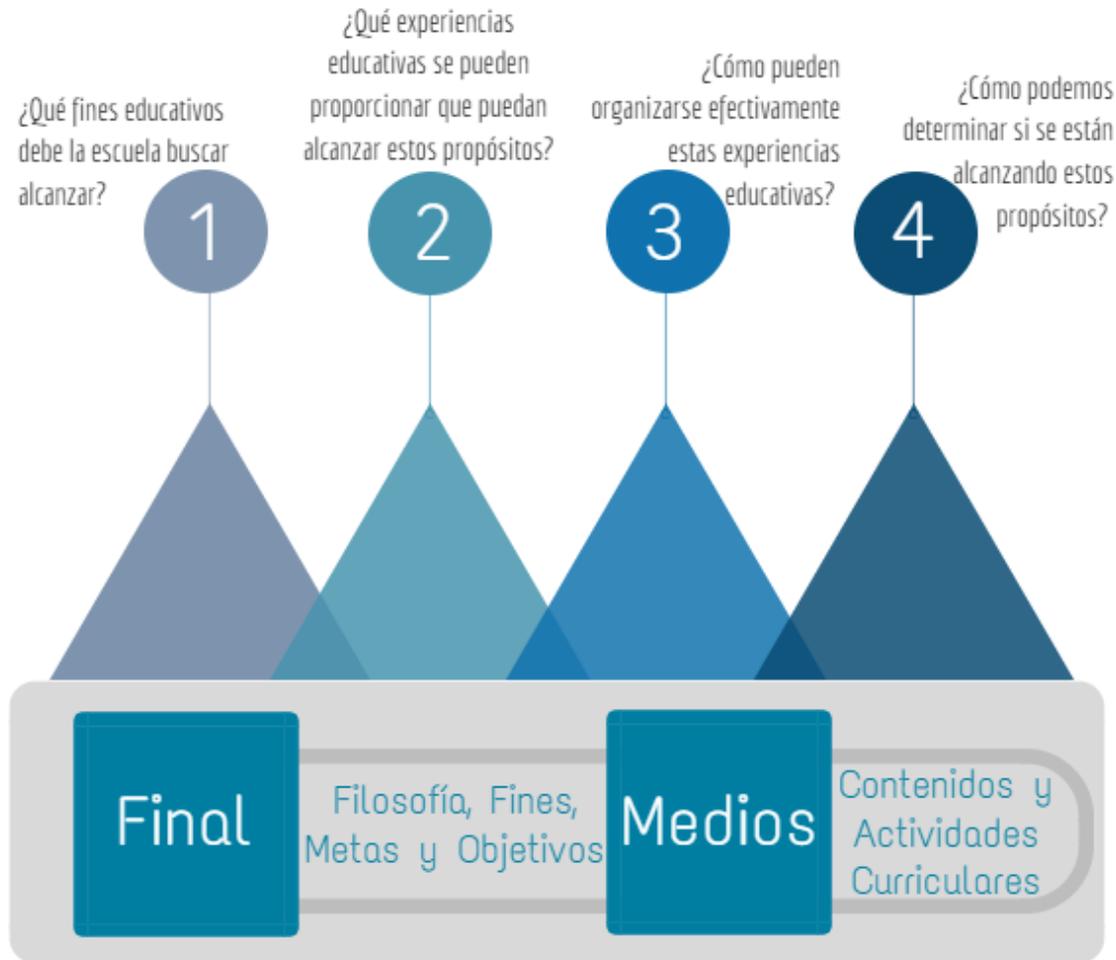


Ilustración 3. Modelo de Tyler
Fuente: Kenneth T. Henson, 2015

El Modelo de Saylor, Alexander y Lewis

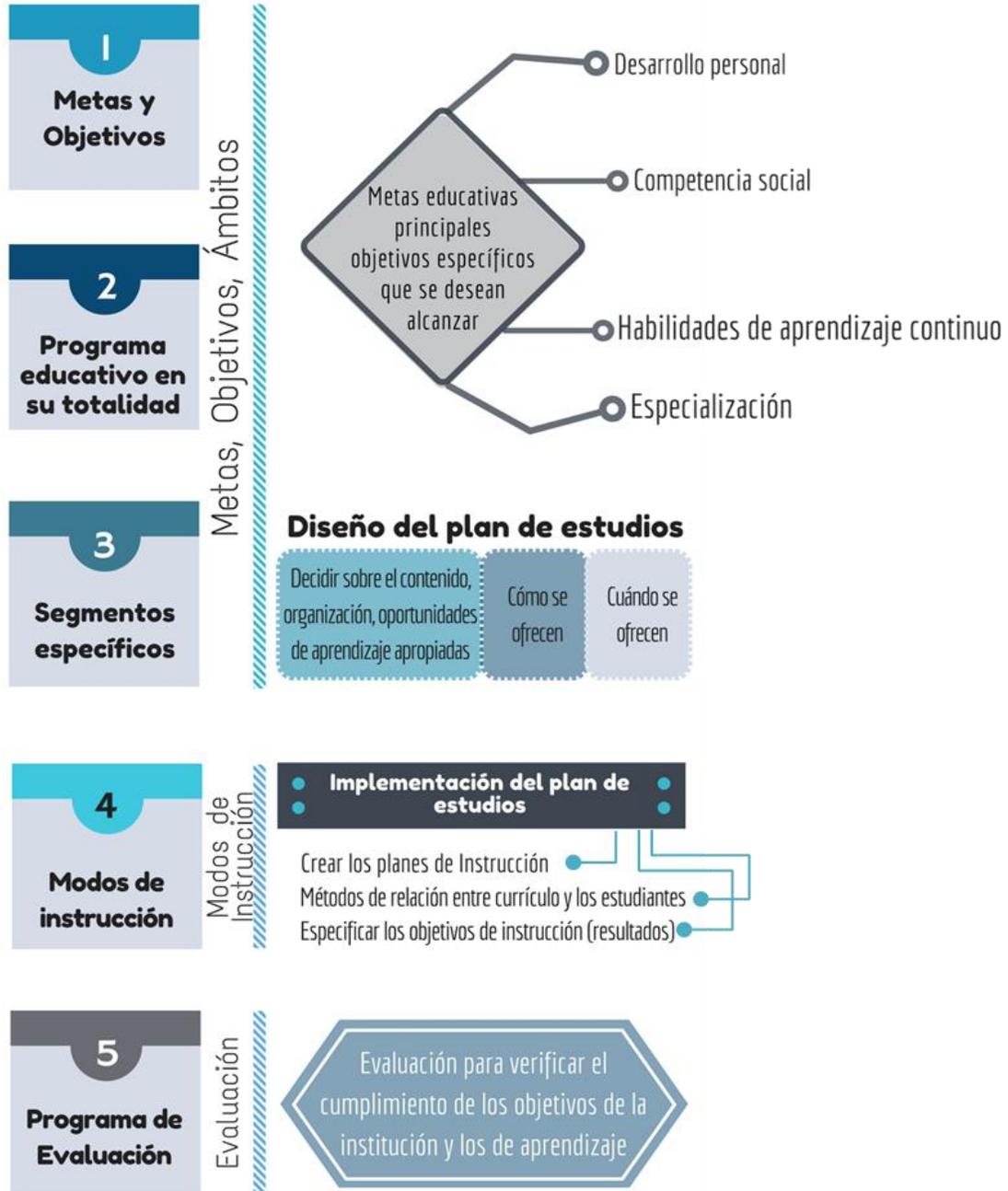


Ilustración 4. Modelo de Saylor y Alexander
 Fuente: (De Mesa & Pawilen, n.d.) (Clarke-Farr, 2005)

El Modelo de Oliva

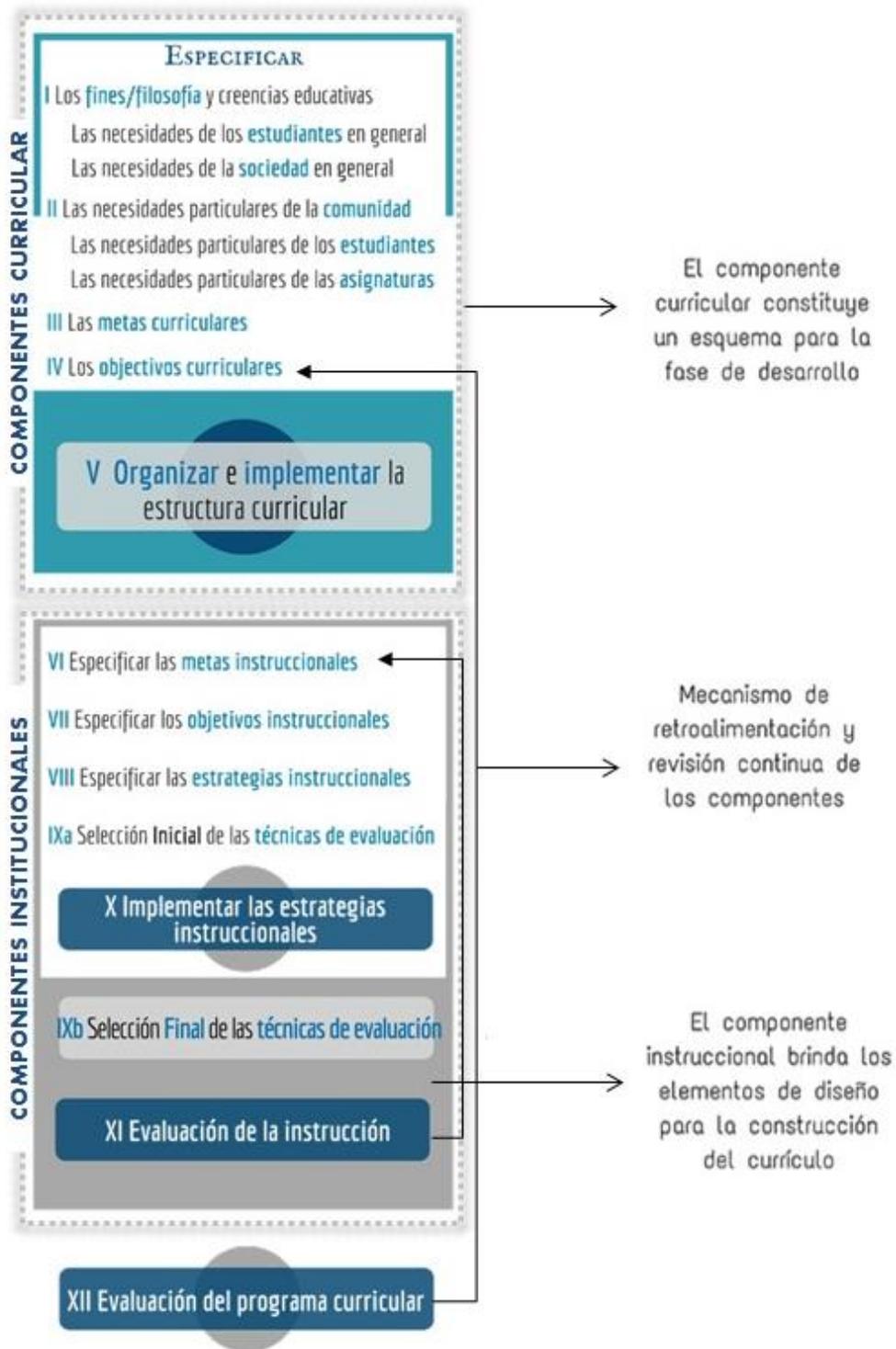


Ilustración 5. Modelo de Oliva

Fuente: Daud et al., 2012

Anexo 2: Documento Maestro - Especialización en Analítica

PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE LA ESPECIALIZACIÓN EN ANALÍTICA



FACULTAD DE MINAS

ÁREA CURRICULAR DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN Y LA DECISIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN

OCTUBRE 8 DE 2014

CUERPO DIRECTIVO FACULTAD DE MINAS

Decano	John Willian Branch Bedoya
Vicedecano Académico	Pedro Nel Benjumea Hernández
Director de Bienestar Universitario	Carlos Alberto Graciano Gallego
Secretario de Facultad	Carlos Alberto Zárate Yepes
Vicedecana de Investigación y Extensión	Verónica Botero Fernández
Director Centro de Innovación y Desarrollo	Santiago Arango Aramburo
Directora de Laboratorios	Clara Rosa Rojo Ceballos

CONSEJO DE FACULTAD

Presidente	John Willian Branch Bedoya
Vicedecano Académico	Pedro Nel Benjumea Hernández
Director de Bienestar Universitario	Carlos Alberto Graciano Gallego
Vicedecana de Investigación y Extensión	Verónica Botero Fernández
Secretaria Académica	Carlos Alberto Zárate Yepes
Representante de las Unidades Básicas de Gestión Académico-Administrativas	Germán Alberto Sierra Gallego
Representante de las Unidades Básicas de Gestión Académico-Administrativas	Juan David Velásquez Henao
Representante de Directores de Áreas Curriculares	Elkin Rodríguez Velásquez
Representante de Directores de Áreas Curriculares	Gaspar Monsalve Mejía
Representante Profesoral ante el Consejo de Facultad	Jaime Ignacio Vélez Upegui
Delegado del Consejo Superior Universitario	Pedro Ignacio Torres Trujillo
Representante Estudiantil- Pregrado	Rubén David Montoya Pérez

DIRECTORES DE ÁREA CURRICULAR

Área Curricular Medio Ambiente	Gaspar Monsalve Mejía
Área Curricular de Ingeniería Geológica e Ingeniería de Minas y Metalurgia	Nestor Ricardo Rojas Reyes
Área Curricular de Ingeniería Civil	John Jairo Blandón Valencia
Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática	Carlos Jaime Franco Cardona
Área Curricular de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial	Elkin Rodríguez Velásquez
Área Curricular de Ingeniería Mecánica	Wilfredo Montealegre Rubio
Área Curricular de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Control	Javier Gustavo Herrera Murcia
Área Curricular de Ingeniería Química e Ingeniería de Petróleos	Abel de Jesús Naranjo Agudelo

CONTENIDO

INFORMACIÓN DE CONTACTO	5
INTRODUCCIÓN	6
1 ANTECEDENTES	8
1.1 PROGRAMAS Y ASIGNATURAS RELACIONADAS CON ANALÍTICA A NIVEL DE SEDE.	8
1.2 INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE ANALÍTICA	9
LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN QUE ACTUALMENTE PUEDEN APOYAR LA ESPECIALIZACIÓN PROPUESTA EN ANALÍTICA SE ENCUENTRAN LISTADOS EN LA TABLA 1.	9
2. ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA	14
2.1 NIVEL LATINOAMERICANO	14
2.2 NIVEL NACIONAL Y REGIONAL	15
2.3 NIVEL DE SEDE	15
3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	16
3.1 NOMBRE DEL PROGRAMA Y TÍTULO QUE OTORGA	16
3.2 OBJETIVOS DEL PROGRAMA	16
3.3 PERFIL DEL ASPIRANTE	16
3.4 PERFIL DEL EGRESADO	17
3.5 PROCESO DE ADMISIÓN DE LOS ASPIRANTES	17
3.6 REQUISITOS DE ADMISIÓN	18
3.7 REQUISITOS DE GRADO	18
3.8 CUPOS	18
3.9 DURACIÓN	19
3.10 PLANES DE ESTUDIOS	19
4. ANÁLISIS DE RECURSOS	20
4.1 RECURSOS HUMANOS	20
4.1.1 <i>Recursos Docentes</i>	20
4.1.2 <i>Recursos Administrativos</i>	21
4.2 PLANTA FÍSICA	21
4.3 RECURSOS DE LABORATORIO	21
4.4 RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS	21
4.5 RELACIONES INTERNACIONALES	22
5. FUENTES DE FINANCIACIÓN, RECURSOS ECONÓMICOS Y PRESUPUESTO	23
5.1 ESTÍMULOS ACADÉMICOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	23
5.2 CONVENIOS INTERINSTITUCIONALES	23
5.3 PROFESORES VISITANTE	23
5.4 PRESUPUESTO DEL PROGRAMA	23
6. FORTALEZAS PROFESIONALES Y ACADÉMICAS DE LA PROPUESTA	24
REFERENCIAS	25
ANEXO I. PUBLICACIONES DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN	26
ANEXO II. DESCRIPCIÓN DE LA FORMACIÓN DOCENTE Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grupos de investigación para apoyar la Especialización en Analítica.....	9
Tabla 2. Profesores vinculados a los grupos de investigación asociados a la Especialización en Analítica.....	10
Tabla 3. Proyectos de investigación recientes en el área de Analítica	10
Tabla 4. Categorías de la Analítica, tomada de [5]	14
Tabla 5. Reglamentación de la admisión a los programas de Especialización de la Facultad de Minas. Resolución 241 de 2009.	18
Tabla 6. Plan de estudio para la Especialización en Analítica	19
Tabla 7. Resumen Plan de Estudios Especialización en Analítica.	19
Tabla 8. Recurso Humano Docente vinculado al programa de Especialización en Analítica.	20
Tabla 9. Actividades académicas dirigidas por los docentes vinculados a Especialización en Analítica (2012).	20
Tabla 10. Oficinas Núcleo Robledo (Facultad de Minas) – Bloque M8A.....	21
Tabla 11. Universidades e investigadores con interacción que apoyarían la Especialización en Analítica	22

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Para resolver cualquier inquietud relacionada con esta propuesta puede contactar a:

Carlos Jaime Franco Cardona
Profesor Titular
Director
Área Curricular Sistemas e Informática.
Tel (57-4) 425-5353,
Celular. (57) 321-781-1526.
E-mail: cjfranco@unal.edu.co

Juan David Velásquez Henao
Profesor Titular
Director
Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión.
Tel. (57-4) 425-5370
Celular. (57) 300-300-9356
E-mail: jdvelasq@unal.edu.co

Secretaría
Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión.
Tel. (57-4) 425-5350
Fax: (57-4) 425-5365

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Colombia, en virtud de su misión y visión institucionales, debe ser pionera en su quehacer académico, pedagógico e investigativo en los entornos nacional e internacional, y convertirse en el motor transformador de las dinámicas sociales actuales, respondiendo oportuna y adecuadamente a las demandas de profesionales surgidas a raíz de las transformaciones sociales, empresariales, políticas, económicas y culturales.

En atención a estas directrices institucionales, la Facultad de Minas se ha visto en la necesidad de profundizar en las áreas de conocimiento que los sectores académico y empresarial demandan para los ingenieros, contribuyendo así con la especialización requerida de los profesionales para que puedan desenvolverse de manera eficiente y eficaz frente a los problemas que se presentan en los contextos actuales. Bajo esta perspectiva surge el programa de Especialización en Analítica como una necesidad de formación sentida para los profesionales actuales y que requiere de especial atención y oportuna respuesta por parte de la Universidad Nacional de Colombia.

El nuevo programa de Especialización en Analítica tiene como fin el desarrollo de conocimientos, destrezas y habilidades requeridas para formar a ingenieros, matemáticos, estadísticos, economistas, consultores y gerentes en las cuestiones y problemas específicos relacionados con el análisis de información, modelado, pronóstico y toma de decisiones en el contexto organizacional que requiere el uso intensivo de técnicas computacionales. Se reconoce que los conocimientos requeridos para abordar los problemas de dicho contexto provienen de diferentes áreas, que incluyen: la matemática aplicada, la economía computacional, las finanzas computacionales, la inteligencia computacional, la minería de datos, el modelado de sistemas, la simulación numérica, la estadística computacional, la teoría de juegos y la optimización, entre otras. Pero, aunque son estas una variedad de disciplinas bien establecidas, ninguna de manera independiente lo aborda de una forma tan completa e integral como el programa de posgrado propuesto, conllevando a que dichos conocimientos no puedan aplicarse directamente ya que podrían llevar a gerentes y directivos a tomar decisiones erróneas y desfasadas de la realidad.

En este mismo sentido, vale la pena resaltar que el nuevo programa fortalece otros programas de posgrado existentes en la Universidad Nacional, dado que sólo hay traslapes menores con los conocimientos desarrollados por las especializaciones en ingeniería financiera, gestión empresarial, mercados energéticos o sistemas, lo que permite, por la especificidad y especialización del programa en Analítica, que se cubra una demanda insatisfecha de especialistas en el mercado.

En concordancia con las ideas presentadas, el nuevo programa académico de especialización en Analítica se enfocaría en las siguientes líneas de trabajo e investigación:

- Modelamiento de Negocios.
- Inteligencia de Negocios.
- Optimización y simulación.
- Métodos de Aprendizaje Estadístico y Aprendizaje de Máquinas.

Esta propuesta está fundamentada principalmente en:

- A nivel latinoamericano, la oferta de programas de formación con objetivos similares a los planteados en esta especialización es insuficiente, ya que los pocos programas con cercanía ofrecidos en esta área por otras universidades, se limitan a la optimización computacional sin ofrecer respuesta

al entendimiento de la estrategia de los negocios y su modelamiento, o son programas de maestría y doctorado que no corresponden a los mismos objetivos formativos de la especialización. Igualmente, aparecen muchos programas que abordan únicamente una sola de las áreas de énfasis, pero ellos se quedan cortos ya que desconocen las otras áreas de énfasis y a su vez no brindan una visión que unifique las áreas desde un contexto común.

- A nivel nacional y local, se reconoce el entorno competitivo marcado por la apertura reciente a los mercados internacionales, y la demanda de nuevos profesionales capacitados en el modelamiento, pronóstico, manejo de bases de datos complejas y estrategia de negocios a la que ello conlleva, y que es deber de la Universidad Nacional responder a las demandas de formación del sector productivo actual.
- A nivel de sede se reconoce la ausencia de programas de posgrado que aborden de manera completa y específica las temáticas que son centro del nuevo programa de Especialización en Analítica, por lo tanto su apertura complementa y actualiza los programas de posgrado de la Facultad.

Este texto se presenta de manera conforme a la normativa vigente en la institución.

1 ANTECEDENTES

La Universidad Nacional de Colombia, y la Facultad de Minas en particular, han sido pioneras en formación académica que responda a las necesidades impuestas en el contexto nacional contribuyendo con ello al desarrollo del país; es así como en 1960 fue creado el Programa de Ingeniería Administrativa y luego Ingeniería Industrial con el fin de responder a las necesidades nacionales de esa época respecto a las situaciones empresariales, comerciales y de negocios [1].

El contexto nacional e internacional actual, marcado por el alto grado de desarrollo de los tratados comerciales y TLC, impone a los empresarios nuevos retos respecto a sus funciones administrativas; dado que requieren capacitación, tanto suya como del personal a su cargo, en el manejo de las nuevas tecnologías, la comprensión de las cambiantes dinámicas del mercado, la manipulación, comprensión y uso efectivo de grandes bases de datos; de modo que puedan tener una mejor visión y comprensión de los problemas organizacionales, así como del impacto de sus decisiones en este, con el fin de mantener una ventaja competitiva en el mercado actual. Esto evidencia una fuerte necesidad de dominar en la industria contemporánea, además de las estrategias de negocio, técnicas computacionales avanzadas que permitan enfrentar exitosamente tales retos.

Un antecedente clave a destacar en cuanto al manejo computacional, es el trabajo del Grupo de Sistemas e Informática, el cual ha desarrollado investigación importante durante casi veinte (20) años, relacionada con las áreas de análisis de datos, minería de datos, simulación y dinámica de sistemas, investigación de operaciones, optimización, finanzas computacionales, modelado predictivo e inteligencia computacional. Además, este grupo de investigación se ha fortalecido con la vinculación de estudiantes de maestría y de doctorado y por medio de los proyectos de investigación ha logrado mejorar su infraestructura en cuanto a equipos de cómputo, bases de datos y software especializado para el soporte de la investigación.

Desde el punto de vista académico, se han realizado alrededor de cincuenta (50) trabajos de grado con estudiantes de Ingeniería Industrial, Administrativa y Sistemas, y se han capacitado más de cuarenta (40) estudiantes a nivel de Especialización en Mercados de Energía. Adicionalmente, se encuentran quince (15) estudiantes activos en el programa de Doctorado en Sistemas.

El trabajo no se ha quedado sólo en el ámbito de fortalecimiento académico, sino que también se han prestado servicios de asesorías, consultorías y capacitación avanzada a la Unidad de Planeamiento Minero Energético del Ministerio de Minas y Energía (UPME), a Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. (ISA), al Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE), a Empresas Públicas de Medellín (EPM), a ISAGEN, a Empresa de Energía de Bogotá (EEB), entre otras. Igualmente, se ha desarrollado software para soporte en la toma de decisiones para muchas empresas y entidades nacionales.

1.1 Programas y asignaturas relacionadas con Analítica a nivel de Sede.

Dentro de los programas de posgrados ofrecidos por la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, existen cuatro (4) especializaciones (Sistemas, Mercados de Energía, Ingeniería Financiera y Gestión Empresarial) que tienen alguna relación en sus asignaturas con el programa propuesto para la especialización en Analítica e Inteligencia de Negocios; dichas asignaturas son: Tópicos Avanzados en Investigación de Operaciones I y II, Pensamiento Sistémico, Optimización Avanzada, Simulación Avanzada, Decisiones Bajo Incertidumbre, Dinámica de Sistemas Avanzada, Experimento de Laboratorio de Toma de Decisiones,

Tópicos Avanzados en Bases de Datos, Métodos y Modelos de Análisis, Computación Evolutiva y Optimización Heurística, Modelos Cuantitativos para las Finanzas, Gestión del Riesgo, Finanzas Corporativas, Evaluación Financiera de Proyectos, Predicción Mediante Técnicas de Inteligencia Artificial.

Debe resaltarse que aunque guardan relación con la especialización propuesta, estas asignaturas, así como los objetivos de formación de los programas a los que pertenecen, son diferentes al de Analítica y, además, sus enfoques cubren sólo de forma parcial las necesidades del mercado en esta área; por lo tanto, al no satisfacer la misma demanda en el mercado, el programa propuesto no compite con las especializaciones existentes en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

1.2 Investigación en el área de Analítica

Los grupos de investigación que actualmente pueden apoyar la especialización propuesta en Analítica se encuentran listados en la Tabla 1.

Tabla 1. Grupos de investigación para apoyar la Especialización en Analítica

Grupo	Líder	Clasificación COLCIENCIAS	Líneas de investigación ante COLCIENCIAS	Líneas de apoyo para la especialización en Modelado Estratégico y Toma de Decisiones
Grupo de Sistemas e Informática	Juan David Velásquez Henao	A1	Ingeniería de Software. Inteligencia Artificial. Investigación de Operaciones [2].	Análisis de datos, minería de datos, simulación y dinámica de sistemas, investigación de operaciones, optimización, finanzas computacionales, modelado predictivo, inteligencia computacional.
Grupo de estudios en energía	Carlos Jaime Franco Cardona	D	Sistemas energéticos. Energía y Sistemas Termodinámicos. Energía y Medio Ambiente. Nuevas tecnologías y su penetración en el mercado. Mercados de Energía. Planeamiento [3].	Análisis de datos, minería de datos, simulación y dinámica de sistemas, investigación de operaciones, optimización, finanzas computacionales, modelado predictivo, inteligencia computacional, toma de decisiones.
Computación aplicada	Juan David Velásquez Henao	Sin clasificar	Análisis de datos reales. Comparación de metodologías. Desarrollo, evaluación y validación de software y algoritmos. Estadística computacional. Métodos computacionales para el análisis de datos[4].	Análisis de datos, minería de datos, simulación y dinámica de sistemas, investigación de operaciones, optimización, finanzas computacionales, modelado predictivo, inteligencia computacional, estadística computacional, toma de decisiones.

Los profesores de la sede que se encuentran vinculados a cada uno de estos grupos de investigación se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Profesores vinculados a los grupos de investigación asociados a la Especialización en Analítica

Grupo	Profesor	Título	Tipo de vinculación
Grupo de Sistemas e Informática	Gloria Patricia Jaramillo Álvarez	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Isaac Dyer Rezonzew	Doctor	Dedicación Exclusiva (Profesor especial)
	Santiago Arango Aramburo	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Francisco Javier Díaz Serna	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Carlos Jaime Franco Cardona	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)
	Yris Olaya Morales	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Juan David Velásquez Henao	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)
Grupo de estudios en energía	Carlos Jaime Franco Cardona	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)
	Santiago Arango Aramburo	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Sergio Botero Botero	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Francisco Javier Díaz Serna	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Gloria Patricia Jaramillo Álvarez	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Yris Olaya Morales	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Isaac Dyer Rezonzew	Doctor	Dedicación Exclusiva (Profesor especial)
Juan David Velásquez Henao	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)	
Computación aplicada	Isaac Dyer Rezonzew	Doctor	Dedicación Exclusiva (Profesor especial)
	Gloria Patricia Jaramillo Álvarez	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Santiago Arango Aramburo	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Carlos Jaime Franco Cardona	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)
	Yris Olaya Morales	Doctor	Dedicación Exclusiva (Asociado)
	Juan David Velásquez Henao	Doctor	Dedicación Exclusiva (Titular)

Como se puede observar los grupos de investigación descritos en la Tabla 1 poseen integrantes comunes (ver Tabla 2), por lo tanto los proyectos de investigación que se muestran en la Tabla 3 hacen alusión a los proyectos más representativos emprendidos por los integrantes de los grupos de investigación relacionados con Analítica. Algunos proyectos pueden implicar la participación de más de un integrante de los grupos de investigación.

Tabla 3. Proyectos de investigación recientes en el área de Analítica

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Utilización de la Dinámica de Sistemas para el modelamiento de la penetración de vehículos con fuentes alternativas de energía al Mercado Colombiano	DINAIN	2007-II – 2008-II	Modelado predictivo, Dinámica de sistemas, toma de decisiones.
Integración Energética	ISA	2008-2009	Análisis de sistemas, Dinámica de sistemas, Modelado.
Efectos de la Integración Energética en el Desarrollo de los países de América Latina	CEIBA	2011	Modelado predictivo, análisis de sistemas, toma de decisiones.
Análisis de diseño de esquema de subsidios en los servicios públicos	EPM-Andesco-	2008-2009	Simulación, Modelado predictivo, toma de decisiones, economía experimental

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
colombianos por medio de economía experimental y simulación	Colciencias		
Modelo regional de producción y transporte de biocombustibles en Colombia	ISA	2009-2010	Modelado predictivo, investigación de operaciones, análisis de sistemas.
Dinámica de la Penetración de Tecnologías Alternativas para Vehículos Automotores y su Impacto en las Concentraciones de Carbono Atmosférico	DIME	2009-2010	Modelado predictivo, dinámica de sistemas, análisis de decisiones.
Modelo para la planeación operativa de corto y mediano plazo del mercado mayorista de electricidad colombiano	ISA	2010-2011	Modelado predictivo, toma de decisiones.
Modelado del mercado de Carbono de la Unión Europea y sus implicaciones sobre el sector eléctrico	ISA	2010-2011	Modelado predictivo, toma de decisiones.
Instituciones y políticas en el camino hacia una economía baja en carbono	EPM	2011-2013	Modelado predictivo de sistemas, análisis de decisiones.
Estudio de las oportunidades de conexión de Colombia a otros mercados regionales de gas usando un modelo agregado de mercado	Dirección Nacional de investigación UN	Octubre 2008- octubre 2009	Modelado predictivo, análisis de decisiones, análisis de sistemas.
Competencia y congestión en mercados de gas natural beca	ISA	2009	Análisis de mercados, análisis de sistemas, toma de decisiones, modelado de sistemas.
Comparación de mecanismos de asignación de capacidad de transmisión en redes de interconexión energética	ISA	2011	Investigación de operaciones, modelado de sistemas.
Evaluación de efectos colaterales de la entrada del etanol de la caña de azúcar en el sector transporte en Colombia	DIME	2008	Análisis de decisiones, modelado predictivo.
Análisis de ciclos en mercados eléctricos desregulados con utilización de capacidad variable por medio de economía experimental y dinámica de sistemas	DIME	2008-2010	Economía experimental, dinámica de sistemas, modelado de sistemas.
Simulación de posibilidades de desarrollo regional sostenible impulsado por energías limpias	Centro de Complejidad Ceiba	2011	Modelado predictivo, simulación de sistemas, análisis de decisiones.
Análisis de mercados eléctricos en Asia y África: oferta, demanda y oportunidades para expansión de transmisión	ISA	2011	Finanzas computacionales, análisis de sistemas, modelado de sistemas, análisis de decisiones.
Diseño de ofertas de un generador hidroeléctrico a la bolsa de energía para el mercado del día siguiente	DIME	2008-2010	Modelado predictivo, análisis de sistemas.
Efectos de la energía en la dinámica del desarrollo social en zonas aisladas	CEIBA	2012	Modelado predictivo, análisis de decisiones.
Proyecto para estudiar, hacer diagnósticos, analizar, simular y presentar políticas para mejoramientos de PYMES.	SENA-ASUEMPRESA-UN	2004	Análisis, modelado y simulación de sistemas; diseño de políticas.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Modelo de apoyo a la toma de decisiones en planificación y ordenamiento territorial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	ÁREA METROPOLITANA	2007	Modelado predictivo, análisis de sistemas, análisis de decisiones.
Evaluación de modelos de valoración de opciones energéticas para el mercado eléctrico colombiano-dime-aplazados 2005	DIME - APLAZADOS 2005	2008	Modelado, análisis de sistemas
Utilización de truncamiento inteligente de algoritmos exactos para resolver el problema de programación de tareas con recursos restringidos	DIME-MENOR CUANTÍA 2008	2008	Optimización, ingeniería de proyectos.
Modelado estadístico de series temporales no lineales usando redes neuronales artificiales.	DIME-MEDIANA CUANTIA 2007	2008	Modelado estadístico, series de tiempo.
Integración energética	ISA	2008	Modelado y análisis de sistemas.
Desarrollo de modelos de programación matemática fuzzy para la planificación de la producción en contextos de incertidumbre. Un caso aplicado a la industria automotriz"	CONVOCATORIA NACIONAL	2008	Modelado predictivo, análisis de sistemas, programación matemática, estrategia.
Modelo de agentes de software inteligentes para apoyar el descubrimiento de conocimiento en bases de datos	COLCIENCIAS	2009	Manejo y análisis de bases de datos.
Comparación entre técnicas de inteligencia computacional para la predicción de series de tiempo.	CONVOCATORIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN 2009 - MODALIDAD 2	2009	Inteligencia computacional, modelado predictivo, series de tiempo.
Modelo para asistir en la planeación de corto y mediano plazo del mercado mayorista de electricidad colombiano	ISA	2010	Modelado predictivo, análisis de sistemas, análisis de mercado, diseño de políticas.
Burbujas de demanda y órdenes fantasmas en cadenas de abastecimiento: una aproximación con experimentos de laboratorio	CONVOCATORIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN 2009 - MODALIDAD 2	2009	Análisis de sistemas, modelado de sistemas.
Metodología para el modelado y predicción del comportamiento de las barras de arena	COLCIENCIAS	2012	Modelado predictivo, análisis de sistemas.
Modelo del libre mercado del biodiesel y sus implicaciones en Colombia utilizando dinámica de sistemas	COLCIENCIAS	2012	Modelado de sistemas, dinámica de sistemas.
Efecto de la competencia mayorista en las cadenas de abastecimiento: análisis experimental y estadístico de las decisiones en red	COLCIENCIAS	2012	Modelado de sistemas, análisis de decisiones, modelado estadístico.
Implicaciones del régimen de comercio de derechos de emisión de la unión europea en el sector eléctrico utilizando dinámica de sistemas	COLCIENCIAS	2012	Análisis de sistemas, modelado de sistemas, análisis de políticas, dinámica de sistemas.
Desarrollo de metaheurísticos híbridos y métodos cooperativos para problemas de	COLCIENCIAS	2013	Optimización, modelado y análisis de sistemas, análisis de decisiones.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
rutas de vehículos con flota heterogénea			
Optimización del sistema de abastecimiento de una empresa	COLCIENCIAS	2013	Optimización, modelado y análisis de sistemas.
Evaluación de políticas para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica en Colombia	COLCIENCIAS	2013	Análisis de políticas, modelado y análisis de sistemas.
Estrategias de optimización para una empresa de generación hidroeléctrica en mercados de corto plazo	COLCIENCIAS	2013	Optimización, análisis y modelado de sistemas, análisis de políticas.

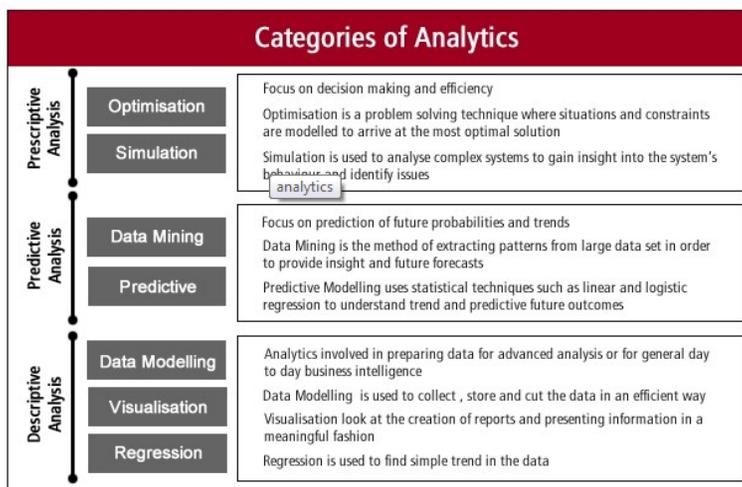
Además de los proyectos mencionados anteriormente, los grupos de investigación que apoyarán la creación de la Especialización en Analítica tienen gran cantidad de publicaciones inherentes al área. Esta información se encuentra en el **Anexo I**.

Por último, la Facultad de Minas ha jugado desde su creación un papel preponderante en la ingeniería en Antioquia y el país, recibiendo innumerables premios y condecoraciones de los gobiernos nacional, departamental y municipal. La Facultad de Minas cuenta con 61 grupos de investigación entre los 8 departamentos que la componen, entre ellos el Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión que cuenta con 10 grupos de investigación uno de los cuales es el grupo de Sistemas e Informática que es clasificado como categoría A1 por COLCIENCIAS, este es, además, el grupo de Investigación que lidera la propuesta de creación y apertura de la Especialización en Analítica en la Facultad de Minas.

2. ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

La vasta cantidad de datos disponibles en las organizaciones actuales, así como la incapacidad, dada por el desconocimiento o la insuficiente preparación de los empresarios, para apoyar la toma de decisiones gerenciales con modelos y herramientas cuantitativas, hacen que los profesionales capacitados en Analítica sean una necesidad apremiante para el desarrollo del entorno organizacional contemporáneo. La especialización en esta área, diseñada para dar respuesta a esta demanda de profesionales, cuenta con un programa enfocado en formar a sus estudiantes direccionados hacia las diversas categorías de la analítica, de modo que puedan aportar a la solución de los problemas y proyectos de mejora organizacional desde su experiencia en el manejo y análisis de datos, modelamiento de sistemas apoyado en herramientas matemáticas, estadísticas, econométricas, y la optimización de proyectos y procesos organizacionales, de esta manera estas razones sumadas al vacío existente dentro de la Universidad Nacional en este tipo de programas académicos de posgrado, hacen de la creación de la Especialización en Analítica una necesidad de especial importancia.

Tabla 4. Categorías de la Analítica, tomada de [5]



A continuación se detallan estas y otras razones a nivel latinoamericano, nacional y regional, y de sede; por las cuales se crea la propuesta de apertura a esta nueva especialización.

2.1 Nivel Latinoamericano

La Universidad Nacional de Colombia se ha destacado por ser una institución de educación superior líder a nivel latinoamericano en excelencia académica e influencia regional ocupando, en el año 2013, el noveno puesto dentro del total de las universidades de la zona, según el Ranking QS [6] de universidades latinoamericanas. Esta reconocida influencia y liderazgo en el sector académico internacional evidencia la necesidad de mantener vigente y a la vanguardia la oferta académica de la Universidad Nacional, para continuar en la línea de la visión institucional de ser “una de las más importantes de América Latina y el Caribe”[7].

En adición, se reconoce que dentro de las demás universidades latinoamericanas no existen programas con objetivos similares a los planteados en la Especialización en Analítica, ya que los pocos programas con cercanía ofrecidos en esta área por otras universidades se limitan a la optimización computacional o al uso de

herramientas de inteligencia artificial sin ofrecer respuesta al entendimiento de la estrategia de los negocios y su modelamiento o son programas de maestría y doctorado que no corresponden a los mismos objetivos formativos de la especialización

Finalmente debe mencionarse que el grupo de investigación de Sistemas e Informática es reconocido internacionalmente gracias al importante desarrollo que ha hecho en materia de investigación durante su existencia y la Especialización en Analítica es la consolidación del esfuerzo que se ha venido realizando en el grupo.

2.2 Nivel nacional y regional

El contexto político y económico en el que se encuentra actualmente el territorio Colombiano, marcado por el establecimiento de nuevos tratados comerciales con diferentes zonas económicas en el mundo, genera un ambiente de competitividad industrial mucho más fuerte que en años anteriores y la necesidad urgente de re-direccionar las estrategias empresariales para lograr sobresalir en el nuevo entorno. Estas condiciones sumadas a los nuevos desarrollos en tecnologías TIC y la asequibilidad de la información, que propician la acumulación de datos dentro de las empresas, despiertan la necesidad inmediata de contar con personal capacitado tanto en la comprensión de la dinámica organizacional como en el modelado de sistemas y el manejo de complejas bases de datos para aprovecharlas en la orientación estratégica óptima y en la toma de decisiones en ambientes de incertidumbre, para lograr que las industrias nacionales no sólo continúen dentro de la competencia en el mercado, sino que además sobresalgan por su manejo adecuado de las problemáticas organizacionales.

Contar con el personal con la capacitación idónea para desempeñar estos roles es además un generador de valor para las compañías Colombianas y es una obligación de las Universidad Nacional de Colombia, como pionera en desarrollo nacional a partir de la capacitación de los líderes académicos e industriales del país, aportar con la formación de estos nuevos profesionales.

2.3 Nivel de sede

Respecto a la Universidad Nacional de Colombia es fundamental mencionar su visión para el año 2017, en la cual se especifica que esta entidad de educación superior debe “propender por el fortalecimiento de su carácter nacional mediante la articulación de proyectos regionales, que promuevan el avance en los campos científico, tecnológico, artístico y filosófico del país”, y resaltar la congruencia de la apertura de la especialización propuesta con dicha visión en cuanto el nuevo programa aporta a la formación técnica de los profesionales que se encargarán del apoyo gerencial que requiere el país actualmente.

Es también pertinente resaltar, a nivel de sede, que dentro de la visión de la Facultad de Minas expresada en el plan de acción 2013-2014 se avizora que para el año 2020 se cuente con “un país con mayor capacidad tecnológica, derivada del aprendizaje tecnológico acumulado con base en la solución de problemas complejos” y que la Facultad aportará a esta visión de país con “la formación de egresados líderes, el aporte con conocimientos técnicos y científicos a la solución de los grandes problemas nacionales, el fortalecimiento del aporte de la ingeniería a la generación de riqueza mediante la innovación y el desarrollo tecnológico” y que los objetivos de la Especialización en Analítica contribuyen al alcance de esa visión.

Finalmente, debe destacarse que dentro de las nueve especializaciones que se ofertan en la actualidad en la Facultad de Minas, ninguna cumple con los objetivos especificados de la Especialización en Analítica, por tanto su apertura complementa y actualiza la oferta académica existente en la sede.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

A partir de las consideraciones mencionadas se propone la creación del programa académico de Especialización en Analítica en la Facultad de Minas con base en los siguientes elementos:

- La nueva especialización debe ser acorde con las necesidades académicas y profesionales del país y la región.
- El programa curricular de especialización en Analítica ofrecerá un plan de estudio de Especialización que se diseñará a partir de las normas vigentes en la Facultad de Minas.
- La duración del programa será de dos semestres.
- El plan de estudio tiene un total de 28 créditos.

3.1 Nombre del programa y título que otorga

- Nombre propuesto: Especialización en Analítica.
- Título otorgado: Especialista en Analítica.

3.2 Objetivos del programa

La Especialización en Analítica propende por el desarrollo de conocimientos, destrezas y habilidades para la solución de problemas organizacionales en el ámbito profesional y académico, relacionados con el manejo estratégico de bases de datos complejas, el modelado, el pronóstico, la toma de decisiones en el contexto de la gestión organizacional, la estrategia corporativa y las decisiones complejas de negocio; cuya solución requiere el uso intensivo de técnicas computacionales y de conocimientos provenientes de diversas disciplinas como la estadística computacional, investigación de operaciones, matemática aplicada, optimización, minería de datos, aprendizaje estadístico y aprendizaje de máquinas, entre otras; logrando así agregar valor a los datos para crear una ventaja de negocio.

3.3 Perfil del aspirante

La Especialización en Analítica de la Universidad Nacional de Colombia está dirigida a aquellas personas que tenga afinidad con las áreas de conocimiento del postgrado; específicamente se dirige a:

- Profesionales que tengan título en ingeniería, matemáticas, estadística, economía, negocios o disciplinas afines.
- Profesionales que desean actualizar y profundizar sus conocimientos en temas avanzados de optimización, simulación, manejo de bases de datos, modelado estratégico y toma de decisiones, o que trabajen como consultores, gerentes o en áreas de investigación afines.

En casos en que los aspirantes no tengan título en ingeniería, matemáticas, estadística, economía o negocios, pero que sean profesionales en otras disciplinas, el Comité Asesor del Posgrado evaluará en forma particular las solicitudes de éstos, y podrá condicionar el ingreso de tal forma que se garanticen los conocimientos básicos requeridos para cursar el programa de especialización sin dificultades.

3.4 Perfil del egresado

El egresado de la Especialización en Analítica contará con una profunda y sólida formación en estadística, programación e inteligencia computacional, la cual se refleja en habilidades y destrezas para el análisis de datos, el modelado y el manejo de bases de datos complejas, con el fin de apoyar la toma de decisiones estratégicas de negocio.

- La comprensión y manejo de las bases de datos con las que se cuenta en el entorno organizacional con el fin de utilizarlas como apoyo estratégico a la toma de decisiones empresariales y el pronóstico.
- La especificación correcta de problemas desde el lenguaje organizacional y de negocios que le permita realizar análisis matemático relevante.
- Análisis de ambientes dinámicos de negocio; mediante el empleo de modelos de dinámica organizacional, la aplicación de principios de sistemas, economía, estadística e ingeniería, la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión, con el fin de facilitar el entendimiento de las dinámicas de negocio y su comportamiento en el mediano y largo plazo.
- Desarrollo e implementación de herramientas computacionales para apoyar la toma de decisiones acordes con la complejidad en la gestión de operaciones de negocio y los objetivos estratégicos de la organización.
- Aplicación de metodologías de modelado predictivo y pronóstico que permitan anticipar los resultados de las acciones bajo condiciones de incertidumbre, con el fin de interpretar y predecir las dinámicas para la prospectiva en la toma de decisiones gerenciales.

Todo esto fundamentado en el programa curricular propuesto para la especialización.

3.5 Proceso de admisión de los aspirantes

Para el ingreso a la Especialización en Analítica, el aspirante debe cumplir con los acuerdos y reglamentos establecidos por la Universidad:

- Acreditar un título de pregrado en el área de ingeniería, matemáticas, estadística, economía, negocios o disciplinas afines.
- Aprobar la prueba de suficiencia o acreditación de comprensión de textos en un idioma extranjero.

Para ser aceptado en el programa de Postgrado, el aspirante debe cumplir al menos con el puntaje mínimo de admisión que determinan los Acuerdos de la Universidad. El proceso a seguir se encuentra en la

Tabla 5. Reglamentación de la admisión a los programas de Especialización de la Facultad de Minas. Resolución 241 de 2009.

Aspecto por evaluar	Ponderación
Hoja de vida	70
Suficiencia de idioma Extranjero Inglés (puntaje mínimo para ingresar de 70 puntos)	30
Requisitos de admisión (inscripción)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado original de calificaciones de título(s) profesional(es) (para los egresados de la Universidad Nacional de Colombia la impresión de la(s) historia(s) académica(s) del SIA). • Hoja de vida con los certificados respectivos de respaldo. • Certificado(s) de título(s) profesional(es) (copia del acta de grado, diploma o certificado de terminación de estudios). • Una (1) fotocopia de la cédula de ciudadanía ampliada al 150% • Una (1) fotocopia ampliada al 250% de la libreta militar, si es hombre. • Una (1) foto en fondo blanco tamaño 3x4 marcada de forma legible con nombre, cédula y el programa al cual aspira. <p>Se deben tener en cuenta las normas especiales sobre admisiones definidas en el Artículo 36 del Acuerdo 20 de 2002 del Consejo Académico</p>

Para ser admitido a un programa de especialización, cualquier aspirante requiere de un puntaje mínimo global de 70 puntos.

3.6 Requisitos de admisión

De acuerdo con los criterios establecidos por la Facultad de Minas, los requisitos de admisión son:

- Poseer un título profesional que tenga afinidad con las áreas de investigación del postgrado, otorgado por una Universidad Colombiana o su equivalente si provienen de una Universidad extranjera.
- Estar en condiciones de dedicarse tiempo completo a las actividades del programa de maestría.
- Los aspirantes deben cumplir con los requisitos de inscripción de la Universidad Nacional de Colombia y obtener en el proceso de admisión un puntaje mínimo global de 70 puntos.
- El número final de estudiantes admitidos dependerá del cupo máximo de estudiantes definidos para cada programa por el Comité Asesor del Postgrado y aprobado por el Consejo de la Facultad de Minas.

3.7 Requisitos de Grado

Los requisitos de grado para el programa de Especialización en Analítica se regirán según lo establecido por el Acuerdo 033 de 2008 del Consejo Superior, por el Acuerdo 008 de 2008 (Estatuto Estudiantil) del Consejo Superior y por el Acuerdo 003 de 2009 del Consejo de Facultad.

3.8 Cupos

Siguiendo el modelo y la experiencia obtenidos en las demás especializaciones de la Facultad de Minas se establece un cupo de quince (15) admitidos por cohorte semestralmente.

3.9 Duración

La duración del programa de especialización propuesto es de dos (2) semestres.

3.10 Planes de estudios

Siguiendo los lineamientos del Acuerdo CSU 033 de 2007, el programa académico de Especialización en Analítica ofertará trece (13) materias, cada una de cuatro (4) créditos, divididas en tres agrupaciones, de las cuales el estudiante deberá completar dieciséis (16) créditos de la primera agrupación, cuatro (4) créditos de la segunda agrupación y ocho (8) créditos de la tercera agrupación, siendo estas dos últimas agrupaciones compuestas por materias optativas; para completar veintiocho (28) créditos correspondientes a siete (7) asignaturas. A continuación se presentan en las Tabla 6 y Tabla 7 las asignaturas elegibles que forman el plan de estudios de la especialización propuesta:

Tabla 6. Plan de estudio para la Especialización en Analítica.

Tipo de asignaturas	Créditos
Agrupación I: Asignaturas obligatorias	
Análisis de Decisiones	4
Modelado Predictivo y Series de Tiempo	4
Aprendizaje de Máquinas para Datos Masivos	4
Ciencias de los Datos Aplicada	4
Número de créditos a cursar en la Agrupación I	16
Agrupación II: Asignaturas elegibles	
Métodos Analíticos de Optimización y Simulación	4
Simulación Avanzada	4
Optimización Avanzada	4
Inteligencia de Negocios	4
Analítica de Redes Sociales	4
Sistemas de Bases de Datos Masivos	4
Pensamiento Sistémico	4
Dinámica de Sistemas Avanzada	4
Teoría de Juegos en el análisis de estrategias	4
Métodos Analíticos de Optimización y Simulación	4
Simulación Avanzada	4
Optimización Avanzada	4
Número de créditos a cursar en la Agrupación II	12

Tabla 7. Resumen Plan de Estudios Especialización en Analítica.

Tipo de Asignatura	Créditos
Asignaturas Obligatorias	16
Asignaturas Elegibles	12
Total de créditos que debe aprobar el estudiante	28

4. ANÁLISIS DE RECURSOS

4.1 Recursos Humanos

4.1.1 Recursos Docentes

El Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión dispone del recurso humano necesario para orientar los cursos, trabajos de investigación y proyectos que se propongan dentro del programa de Especialización en Analítica. En la actualidad el Departamento cuenta con 7 doctores afines al área.

El recurso docente vinculado al programa propuesto se presenta en la Tabla 8

Tabla 8. Recurso Humano Docente vinculado al programa de Especialización en Analítica.

Profesor	Dedicación	Cursos de pregrado 2012	Cursos de Posgrado 2012	Situación especial
Carlos Jaime Franco	Exclusiva	1	3	Director de área curricular
Yris Olaya	Exclusiva	3	6	
Juan David Velásquez	Exclusiva	2	3	Director de Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión
Julián Moreno Cadavid	Exclusiva	2	0	
Santiago Arango	Exclusiva	1	3	Director Centro de Innovación y Desarrollo
Francisco Javier Díaz	Exclusiva	2	1	
Gloria Patricia Jaramillo	Exclusiva	2	2	
Luis Fernando Moreno	Exclusiva	2	1	
Gabriel Awad	Exclusiva	5	1	
Francisco Javier Moreno	Exclusiva	2	1	

Cada uno de estos profesores actualmente ha dirigido trabajos de grado de pregrado, trabajos finales y/o tesis de maestría de acuerdo con lo presentado en la Tabla 9 (TDG: trabajos dirigidos de pregrado, TF: trabajos finales de maestrías de profundización o especializaciones y T: Tesis de maestría/Tesis de doctorado).

Tabla 9. Actividades académicas dirigidas por los docentes vinculados a Especialización en Analítica (2012).

Profesor	Trabajos dirigidos		
	TDG	TF	T
Carlos Jaime Franco	–	3	11
Yris Olaya	1	–	7
Juan David Velásquez	–	2	11
Santiago Arango	4	8	4
Francisco Javier Díaz	2	–	2
Gloria Patricia Jaramillo	1	–	6
Luis Fernando Moreno	8	1	1
Gabriel Awad	5	–	7
Francisco Javier Moreno	16	–	–

Los docentes vinculados al programa de Especialización en Analítica en la Sede de Medellín establecerán los cursos que se ofrecerán a partir de la planeación que se realice en la programación académica.

En el **Anexo II** se presenta una descripción del perfil investigativo y profesional del recurso docente disponible para la Especialización en Analítica.

4.1.2 Recursos Administrativos

El Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión cuenta con una secretaria y una asistente administrativa. El recurso humano disponible prestaría adecuadamente el soporte al programa propuesto.

4.2 Planta física

El Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión tiene a su disposición los recursos generales de la Sede, en donde se encuentran varias salas de videoconferencias y auditorios, disponibles para cursos. En la Tabla 10 se indican las oficinas de los profesores vinculados con esta propuesta

Tabla 10. Oficinas Núcleo Robledo (Facultad de Minas) – Bloque M8A.

Nomenclatura de la oficina	Docente asignado
M8-210	Carlos Jaime Franco
M8-209	Yris Olaya
M8-211	Santiago Arango
M8-206	Juan David Velásquez
M8-213	Gloria Patricia Jaramillo
M8-212	Francisco Javier Díaz
M8-207	Luis Fernando Moreno
M8-208	Gabriel Awad
M8- 312	Francisco Javier Moreno

4.3 Recursos de Laboratorio

La Sede cuenta con recursos como salas de cómputo pertenecientes al Laboratorio de Sistemas en los bloques M2 y M7, las salas están dotadas con equipos adquiridos por la Facultad. Se espera realizar inversiones para modernizar las configuraciones existentes y para dar mayor disponibilidad a los estudiantes de posgrado.

4.4 Recursos Bibliográficos

Las bibliotecas de la Sede Medellín ubicadas en el núcleo el volador y la Facultad de Minas, están dotadas de aproximadamente 300 títulos correspondientes a las áreas de análisis y minería de datos, modelado, gerencia de proyectos, finanzas, toma de decisiones y pronóstico. Adicionalmente, la suscripción de la Universidad a bases de datos especializadas en línea permite brindar un apoyo en la formación de los alumnos de la Especialización en Analítica, la biblioteca tiene un total de 83 bases de datos de las cuales 23 son afines a ingeniería donde se puede acceder a bases de datos referenciales y textos completos de publicaciones académicas internacionales, en todas las áreas del conocimiento.

Así, el programa de especialización tiene a disposición información proveniente de convenios de la Universidad con entidades nacionales e internacionales como libros, revistas y publicaciones disponibles en las bibliotecas de las diferentes Facultades, en especial de la Facultad de Minas, de la Facultad de Ciencias y de la Biblioteca Central.

Por último, el Sistema Nacional de Bibliotecas, SINAB, permite la visibilidad de la producción académica y científica en la Librería Digital de la Universidad Nacional de Colombia y brinda el servicio de publicaciones electrónicas de libros y demás documentos elaborados por los profesores, tesis y trabajos de grado de los estudiantes. También se ofrece asesoría y capacitación en el manejo de las herramientas tecnológicas en línea.

4.5 Relaciones internacionales

Actualmente, el grupo de profesores tiene relaciones de interacción y convenios con las siguientes Universidades que pueden apoyar parcialmente el programa de Especialización en Analítica.

Tabla 11. Universidades e investigadores con interacción que apoyarían la Especialización en Analítica

Investigador	Universidad	País
Erik Larsen	Universidad Lugano	Suiza
Judith Cherni	Imperial Collage Londres	Inglaterra
Derek Bunn	London Business School	Inglaterra
Reinaldo Castro Souza	Pontificia Universidade Catolica do Rio de Janeiro	Brasil
Camila Ochoa	University of Lausanne	Suiza
Jaime Castañeda	University of Lugano	Suiza
Juan Carlos Leiva López	Universidad de Guadalajara	México
Fabian Szulansky	Universidad de Buenos Aires	Argentina
Martin kunc	Universidad de Warwick	Inglaterra
Ricardo Matos	Universidad de Brasilia	Brasil
Rafael Hurtado	Universidad Nacional – Sede Bogotá	Colombia

Los docentes disponibles para apoyar la creación de la Especialización en Analítica, han tenido experiencias de docencia a nivel internacional, tal es el caso de la especialización en mercados de energía desarrollada en Costa Rica que inició a finales de octubre de 2011, patrocinada por ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) con 29 participantes, y finalizó en noviembre de 2012.

5. FUENTES DE FINANCIACIÓN, RECURSOS ECONÓMICOS Y PRESUPUESTO

Las fuentes de financiación del programa de especialización en Analítica son ingresos por matrículas, financiación interna, financiación externa.

Los ingresos obtenidos a través de matrículas, son dirigidos al financiamiento de los pagos de la administración, de profesores invitados, entre otros. La financiación interna se usará principalmente para sostenimiento, transporte y capacitaciones. Los estimativos de los recursos obtenidos a partir de las matrículas se encuentran especificados en el presupuesto de la especialización.

Se destinaran el financiamiento externo es decir los proyectos de investigación y de extensión, para apoyar la infraestructura y administración del posgrado.

5.1 Estímulos académicos de la Universidad Nacional de Colombia

Según lo establecido en el acuerdo 08 de 2011, las menciones meritorias sólo se otorgan a estudiantes de Maestría y Doctorado, por tanto, el programa de Especialización en Analítica no estipula el otorgamiento de estas distinciones para sus estudiantes. Sin embargo los alumnos pertenecientes al programa, podrán beneficiarse de las becas existentes, como lo estipula el Acuerdo 028 de 2010, siempre y cuando cumplan con los requisitos consignados en el artículo 27 de dicho acuerdo y con las condiciones del artículo 30.

5.2 Convenios Interinstitucionales

Se busca fortalecer los convenios con otras instituciones privadas o públicas para la financiación de becas para estudiantes, así como para el intercambio de docentes e investigadores. Un ejemplo de esto, es que algunas tesis son financiadas por medio de proyectos de Investigación como la DIME, Vicerrectoría de Investigación, COLCIENCIAS, UPME y empresas del sector energético, EEPPM, ISAGEN, ISA, etc.

5.3 Profesores Visitante

Los recursos pueden conseguirse de instituciones como ICETEX y COLCIENCIAS o dependencias de la Universidad como la DINAIN y el acuerdo vigente de movilidad profesoral de la Facultad de Minas.

5.4 Presupuesto del Programa

En el presupuesto del programa propuesto en este documento se consideran solamente los ítems relacionados con el funcionamiento del programa, es decir, costos administrativos y de inversión de equipos y recursos bibliográficos. Se puede observar que no se requiere una inversión significativa de recursos, por lo cual la apertura del programa es viable desde el punto de vista financiero.

6. FORTALEZAS PROFESIONALES Y ACADÉMICAS DE LA PROPUESTA

La propuesta que se presenta en este documento muestra la pertinencia y viabilidad profesional y académica que tiene la apertura del programa de Especialización en Analítica de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

La creación de la Especialización en Analítica es apoyada por una comunidad académica consolidada, formada en su mayoría por ingenieros los cuales tienen título de doctor en ingeniería, estos adicionalmente han adquirido una experiencia representativa en docencia, investigación y extensión alrededor de líneas de investigación que tienen una relación muy estrecha con las temáticas objeto de la especialización. Esto se demuestra por parte de esta comunidad académica en: el significativo número de proyectos de investigación y extensión, en la producción académica de los últimos años, y en la relación con empresas nacionales en términos de cooperación técnica y financiación de proyectos.

La planta docente con dedicación exclusiva de la Sede tiene un nivel de capacitación muy alto como para convertir la Especialización en Analítica en un programa de posgrado líder en el país. Por otro lado, las líneas de investigación que se plantean inicialmente para el programa de especialización en la Sede de Medellín concuerdan con las tendencias más importantes a nivel mundial en el área, haciendo que el desarrollo de las mismas en el programa de especialización redunde en un fortalecimiento de la comunidad académica y empresarial nacional.

REFERENCIAS

- [1] S. B. Botero y F. Á. M. Valencia, «Ingeniería Administrativa: Un Hito En La Historia De La Administración En Colombia», *Dyna*, vol. 78, n.º 169, pp. 34-42, 2011.
- [2] Colciencias, «Grupo de Sistemas e Informática», *GrupLAC - Plataforma SCienTI - Colombia*. [En línea]. Disponible en: <http://201.234.78.173:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000008083>. [Accedido: 18-ago-2013].
- [3] Colciencias, «Grupo de Estudios en Energía», *GrupLAC - Plataforma SCienTI - Colombia*. [En línea]. Disponible en: <http://201.234.78.173:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000001605>. [Accedido: 18-ago-2013].
- [4] Colciencias, «Computación Aplicada», *GrupLAC - Plataforma SCienTI - Colombia*. [En línea]. Disponible en: <http://201.234.78.173:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000003645>. [Accedido: 18-ago-2013].
- [5] Lustig I, Dietrich B, Johnson C and Dziekan C (2010). The Analytics Journey. *Analytics Magazine*, November/December 2010, pp 11-13
- [6] QS, «QS Latin American University Rankings 2013», 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.topuniversities.com/university-rankings/latin-american-university-rankings/2013>. [Accedido: 18-ago-2013].
- [7] Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, «Plan de Acción Facultad de Minas 2013-2014».

ANEXO I. PUBLICACIONES DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Dado que los grupos de investigación que apoyaran la especialización en Modelado Estratégico y Toma de Decisiones poseen integrantes comunes las publicaciones en revistas científicas así como las tesis de postgrado y los trabajos de grado mostrados a continuación, no son desagregados por grupo de investigación.

Artículos publicados en revistas científicas

- [8] E. LARSEN, D. BUNN, I. DYNER. “Modelling latent market power across gas and electricity markets”, *System Dynamics Review* ISSN: 0883-7066, vol.: 3, pp.: 271 – 288, 1997
- [9] I. DYNER, E. R. LARSEN. “From planning to strategy in the electricity industry”. Colombia, *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol: 29, pp: 1145 – 1154, 2001
- [10] I. DYNER REZONZEW, R. SMITH Q, D. QUEVEDO, R. MADRIGAL, N. QUICENO, M. GIL, B. LOPEZ, L. PINEDA, S. OSORIO, C. RAVE, J. GUZMAN, “Micromundos para la inversión en generación eléctrica en Latinoamérica”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol: 27, pp: 41 – 66, 2002.
- [11] I. DYNER REZONZEW, J. HASELIP, J. CHERNI “A Electricity market reform in Argentina: Assessing the impact for the poor in Buenos Aires”. *Utilities Policy*. ISSN: 0957-1787, vol:12, fasc: 4 págs: -, 2004
- [12] I. DYNER REZONZEW, L. BEDOYA VALENCIA, E. REIMER LARSEN, C. J. FRANCO CARDONA. “Lesson from Deregulation in Colombia Successes: Failures and the Way Ahead”. *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol:32 fasc: 15 págs: 1767 – 1780, 2004.
- [13] I. DYNER REZONZEW, R. SMITH, F. CHEJNE, J. MEJIA, O. FERNANDEZ, L. RODRIGUEZ “Simulation of wind energy output at Guajira, Colombia”. *Renewable Energy*. ISSN: 0960-1481, vol:31 fasc: págs: 383 – 399, 2006
- [14] I. DYNER REZONZEW, “Algunas lecciones del apagón de Abril 26 de 2007 en Colombia. Colombia, Series de Energía y Servicios Públicos”. *Deloitte*. ISSN: 0, vol:1 fasc: págs: 18, 2007
- [15] I. DYNER REZONZEW, E. LARSEN, S. ARANGO ARAMBURO. “Lessons from Deregulation: Understanding Electricity Markets in South America”. *Utilities Policy*. ISSN: 0957-1787, vol:14 fasc: págs: 196 – 207, 2006
- [16] I. DYNER REZONZEW, M. M. ZULUAGA, “Incentives for Renewable Energy in Reformed Latin-American Electricity Markets: the Colombian Case”. *Journal Of Cleaner Production*. ISSN: 0959-6526, vol:15 fasc: págs: 156 – 162, 2007
- [17] I. DYNER REZONZEW, R. SMITH QUINTERO, R. OLALDE, F. HENAO PIZA, P. JARAMILLO ALVAREZ, J. CHERNI. “Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system”. *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol:35 fasc: 3 págs: 1493 – 1504, 2007
- [18] I. DYNER REZONZEW, E. R. LARSEN, C. CAVALIERE, “The Privatization of EEB, From Cash Drain to Major Contributor”. *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol:35 fasc: págs: 1884 – 1895, 2007

- [19] I. DYNER REZONZEW, E. R. LARSEN, A. V. ACKERE. "The deregulation of electricity markets", *Socio-Economic Planning Sciences*. ISSN: 0038-0121, vol:41 fasc: págs: 269 – 271, 2007
- [20] R. PONZO, I. DYNER REZONZEW, S. ARANGO ARAMBURO, E. R. LARSEN, "Regulation and development of the Argentinean gas market". *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol: 39 fasc: 3 págs: 1070 – 1079, 2011
- [21] I. DYNER REZONZEW, J. HASELIP, J. CHERNI. "Electricity market reform in Argentina: assesing the impact for the poor in Buenos Aires". *Utilities Policy*. ISSN: 0957-1787, vol:13 fasc: 1 págs: 1 – 14 2005
- [22] S. ARANGO ARAMBURO "Simulation for alternative regulation options in the Colombian Electricity Market". *Socio-Economic Planning Sciences*. ISSN: 0038-0121, vol:41 fasc: 4 págs: 305 – 319, 2007
- [23] S. ARANGO ARAMBURO, A. TORRES. "Incidencias Económicas del Etanol como Biocombustibles en Colombia sobre los Derivados de la Caña de Azúcar: Una Aproximación con Dinámica de Sistemas". *Avances En Sistemas E Informática*. ISSN: 1657-7663, vol:5 fasc: 2 págs: 69 – 75, 2008
- [24] S. ARANGO ARAMBURO, E. LARSEN. "Cycles in deregulated electricity markets: Empirical evidence from two decades". *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol: 39 fasc: 5 págs: 2457 – 2466, 2011
- [25] S. ARANGO ARAMBURO, E. LARSEN. "The environmental paradox in generation: How South America is gradually becoming more dependent on thermal generation Colombia, Renewable & Sustainable Energy Reviews". ISSN: 1364-0321, vol:14 fasc: N/A págs: 2956 – 2965, 2010
- [26] J. D. VELASQUEZ HENAO. "Modelos Conceptuales en Hidrología para la Estimacion del Hidrograma Unitario". *Avances En Recursos Hidráulicos*. ISSN: 0121-5701, vol:3 fasc: págs: 50 – 58, 1995
- [27] J. D. VELASQUEZ HENAO. "Modelamiento Estadístico del Precio Spot Brasileño usando ANFIS". *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:31 fasc: págs: 23 – 35, 2004
- [28] J. D. VELASQUEZ HENAO. "Modelos de Predicción de Caudales Mensuales para El Sector Electrico Colombiano". *Avances En Recursos Hidráulicos*. ISSN: 0121-5701, vol:73 fasc: págs: 91 – 102, 2004
- [29] J. D. VELASQUEZ HENAO. "Modelado del precio spot de la electricidad en Brasil usando una red neuronal autoregresiva". *Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería*. ISSN: 0718-3291, vol:16 fasc: 3 págs: 394 – 403, 2008
- [30] J. D. VELASQUEZ HENAO, J. A. HERNANDEZ RIVEROS. "Hydrological Forecasting by Genetic Programming". *Hydroinformatics '98*. ISSN: 0, vol:1 fasc: págs: 873 – 880, 1998
- [31] R. SMITH QUINTERO, L. F. CARVAJAL SERNA, J. E. SALAZAR, O. J. MESA SANCHEZ, J. D. VELASQUEZ HENAO. "Modelos de predicción de caudales considerando anomalías climáticas". *Atmosfera*. ISSN: 0120-6958, vol:25 fasc: págs: 17 – 24, 1997

- [32] J. D. VELASQUEZ HENAO, O. J. MESA SANCHEZ, J. E. SALAZAR, L. F. CARVAJAL SERNA, R. SMITH QUINTERO. “Modelos de predicción de caudales para el sector eléctrico colombiano. Parte II: Modelos Diarios”, *Avances En Recursos Hidráulicos*. ISSN: 0121-5701, vol:3 fasc: págs: 19 – 33, 1995
- [33] J. D. VELASQUEZ HENAO, E. C. ZAPATA GOMEZ, R. SMITH QUINTERO. “Modelamiento de Series de Caudales usando ANFIS”. *Avances En Recursos Hidráulicos*. ISSN: 0121-5701, vol:11 fasc: 0 págs: 79 – 90, 2004
- [34] J. D. VELASQUEZ HENAO, R. CASTRO SOUZA, I. DYNER REZONZEW, “Por qué es tan difícil obtener buenos pronósticos de los precios de la electricidad en mercados competitivos”. *Cuadernos De Administración*. ISSN: 0120-3592, vol:20 fasc: 34 págs: 259 – 282, 2007
- [35] J. D. VELASQUEZ HENAO, S. F. MONTOYA MORENO, L. M. BASTIDAS ORREGO. “Hacia donde irán los sectores electricos de los países de la region andina? tendencias posibles”. *Cuadernos De Administración*. ISSN: 0120-3592, vol:21 fasc: 35 págs: 307 – 325, 2008
- [36] J. D. VELASQUEZ HENAO, C. J. FRANCO, H. A. GARCIA. “Un modelo no lineal para la predicción de la demanda de electricidad en Colombia”, *Estudios Gerenciales*. ISSN: 0123-5923, vol:25 fasc: 112 págs: 37 – 54, 2009
- [37] J. D. VELASQUEZ HENAO, C. J. FRANCO. “Predicción de los precios de contratos de electricidad usando una red neuronal con arquitectura dinámica”. *Innovar*. ISSN: 0121-5051, vol:20 fasc: 36 págs: 7 – 14, 2010
- [38] J. D. VELASQUEZ HENAO, C. J. FRANCO, Y. OLAYA. “Predicción de los precios promedios mensuales de contratos despachados en la Bolsa de Energía de Colombia usando máquinas de vectores de soporte”. *Cuadernos De Administración*. ISSN: 0120-3592, vol:23 fasc: 40 págs: 321 – 337, 2010
- [39] J. D. VELASQUEZ HENAO, Y. OLAYA, C. J. FRANCO. “Análisis y predicción de series de tiempo en mercados de energía usando el lenguaje R.”. *Dyna*. ISSN: 0003-3251, vol:78 fasc: 165 págs: 287 – 296, 2011
- [40] V. M. RUEDA, J. D. VELASQUEZ HENAO, C. J. FRANCO, “Avances recientes en la predicción de la demanda de electricidad usando modelos no lineales”. *Dyna*. ISSN: 0003-3251, vol:78 fasc: 167 págs: 36 – 43, 2011
- [41] I. DYNER REZONZEW, C. J. FRANCO, G. E. PENA ZAPATA. “Modelo nacional para el apoyo a la formulación de políticas en materia de uso racional de energía”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:15 fasc: págs: 53 – 62, 1995
- [42] G. E. PENA ZAPATA, R. SMITH QUINTERO, I. DYNER REZONZEW. “System Dynamics Modelling for residential energy efficiency analysis and management”. *Journal Of The Operational Research Society* ISSN: 0160-5682, vol:46 fasc: 11 págs: 1163 – 1173, 1995
- [43] G. P. JARAMILLO ALVAREZ, F. CHEDNE, M. BASTIDAS, B. GALVAN. “Análisis Multiobjetivo a un sistema energético”. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*. ISSN: 0120-6230, vol:51

fasc: N/A págs: 44 – 5, 2010

[44] F. J. DIAZ SERNA, C. G. ALVAREZ, A. OLAYA. “La economía de los recursos agotables”. *Gestión Y Ambiente*. ISSN: 0124-177X, vol: fasc: págs: -, 2001

[45] F. J. DIAZ SERNA. “Validación de soluciones obtenidas para el problema del despacho hidrotérmico de mínimo costo empleando la Programación Lineal Entera Mixta”. *Dyna*. ISSN: 0012-7353, vol:75 fasc: N/A págs: 43 – 54, 2008

[46] N. R. ORTIZ PIMIENTO, F. J. DIAZ SERNA. “Incidencia del factor de conversión de potencia en la solución del problema del despacho hidrotérmico de mínimo costo”. *Uis Ingenierías*. ISSN: 1657-4583, vol:7 fasc: NA págs: 129 – 138, 2008

[47] F. J. DIAZ SERNA. “La eficiencia técnica como un nuevo criterio de optimización para la generación hidroeléctrica a corto plazo”. *Dyna*. ISSN: 0012-7353, vol:76 fasc: NA págs: 91 – 100, 2009

[48] Y. OLAYA MORALES, I. DYNER. “Modelo para apoyar políticas de gas en Colombia”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:27 fasc: N/A págs: 77 – 94, 2002.

[49] Y. OLAYA MORALES, J. J. TORO, P. ZAPATA. “Evaluación de los sectores de Energía y Gas”. *Economía Colombiana. Revista De La Contraloría General De La República*. ISSN: 0120-4998, vol:291 fasc: págs:, 2002 -

[50] Y. OLAYA MORALES, J. J. TORO, P. ZAPATA. “Una mirada a la gestión de la comisión de regulación de energía y gas”. *Economía Colombiana. Revista De La Contraloría General De La República*. ISSN: 0120-4998, vol:292 fasc: págs:, 2002 -

[51] Y. OLAYA MORALES, I. DYNER. “Modelling for policy assessment in the natural gas industry”. *Journal Of The Operational Research Society*. ISSN: 0160-5682, vol:56 fasc: 10 págs: 1122 – 1131, 2005

[52] Y. OLAYA MORALES, C. J. FRANCO, J. D. VELASQUEZ. “Evidencias de cambios estructurales en el precio promedio mensual del petróleo WTI”. *Cuadernos De Administración*. ISSN: 0120-3592, vol:22 fasc: 38 págs: 247 – 266, 2009

[53] S. ARANGO A, Y. OLAYA MORALES, I. DYNER R, R. SMITH Q. “Penetración del gas natural en el sector transporte en Colombia”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol: 21 fasc: págs: 41 – 56, 1999

[54] Y. OLAYA MORALES. “Análisis del comercio de gas entre Colombia y Venezuela”. *Dyna*. ISSN: 0012-7353, vol:78 fasc: 167 págs: 27 – 35, 2011

[55] C. J. FRANCO CARDONA, A. BAENA. “Dinámica de la penetración de tecnologías para vehículos automotores y su impacto en las concentraciones de carbono atmosférico”. *Avances En Sistemas E Informática* ISSN: 1657-7663, vol:7 fasc: 2 págs: 135 – 141, 2010

[56] C. J. FRANCO CARDONA, S. HOYOS, I. DYNER. “Contribución de la energía al desarrollo de

comunidades aisladas no interconectadas: un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenibles en el suroccidente colombiano”. *Dyna*. ISSN: 0012-7353, vol:75 fasc: 154 págs: 199 – 214, 2008

[57] C. J. FRANCO CARDONA, D. FIGUEROA. “Modelado De La Penetración De Vehículos Particulares Con Fuentes Alternativas De Energía Al Mercado Colombiano”. *Avances En Sistemas E Informática*. ISSN: 1657-7663, vol:5 fasc: 3 págs: 50 – 65, 2008

[58] C. J. FRANCO CARDONA, A. M. FLÓREZ, M. C. OCHOA. “Análisis de la Cadena de suministro de Biocombustibles en Colombia”. *Revista De Dinamica De Sistemas*. ISSN: 0718-1884, vol:4 fasc: 2 págs: 109 – 133, 2008

[59] C. J. FRANCO CARDONA, I. DYNER, E. LARSEN. “Games for Electricity Traders: Understanding Risk in a Deregulated Industry”. *Energy Policy*. ISSN: 0301-4215, vol:37 fasc: 3 págs: 465 – 471, 2009

[60] M. GARZON, L. A. CAMARGO, E. LARSEN, L. BEDOYA, C. J. FRANCO CARDONA, I. DYNER REZONZEW, S. MONTOYA, R. A. SMITH QUINTERO. “Simulaciones para el aprendizaje en el mercado eléctrico colombiano”. *Revista Mundo Eléctrico Colombiano* ISSN: 0120-8926, vol:13 fasc: págs: 108 – 111, 1999

[61] R. A. SMITH QUINTERO, S. MONTOYA. “Uso de la Dinámica de Sistemas como Metodología para Aproximar el Problema de Expansión Eléctrica Colombia”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:21 fasc: págs: 21 – 30, 1999.

[62] R. A. SMITH QUINTERO, S. ARANGO ARAMBURO, P. OCHOA, L. BEDOYA, C. J. FRANCO, I. DYNER REZONZEW. “Capacitación en Comercialización de Energía en Colombia a través de Micromundos”. *Avances En Recursos Hidráulicos*. ISSN: 0121-5701, vol:7 fasc: págs: -, 2000.

[63] C. J. FRANCO, B. VARGAS, I. DYNER REZONZEW, R. A. SMITH QUINTERO, S. ARANGO ARAMBURO, L. BEDOYA, P. OCHOA. “Tecnología para el Aprendizaje en Comercialización de Energía Eléctrica”. *Cier Comision De Integracion Energetica Regional*. ISSN: 0797-7565, vol:10 fasc: 36 págs: -, 2001.

[64] S. ARANGO ARAMBURO, S. OSORIO, R. A. SMITH QUINTERO, I. DYNER REZONZEW. “Modelo para Evaluar Inversiones en Generación Eléctrica en Colombia”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:26 fasc: págs: 21 – 35, 2001

[65] R. A. SMITH QUINTERO, A. PULGARIN. “Aplicación de Optimización Multiobjetivo con Algoritmos Genéticos a un Problema de Electrificación Rural”. *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:26 fasc: págs: 61 – 77, 2001

[66] R. A. SMITH QUINTERO, J. F. HENAO, P. JARAMILLO, W. ANGEL. “Modelo de toma de decisiones para energización de zonas aisladas no interconectadas” *Energética*. ISSN: 0120-9833, vol:30 fasc: págs: 51 – 62, 2003

[67] R. A. SMITH QUINTERO, E. LARSEN, U. BOMAN, A. I. CADENA, I. DYNER REZONZEW, D. R. VESGA, “Energy Scenarios for Colombia: process and content”. *Futures*. ISSN: 0746-2468, vol:37 fasc: págs: 1 – 17, 2004.

Tesis postgrado (especialización, maestría y doctorado)

A continuación, se listan las tesis de postgrados dirigidas por los integrantes de los grupos de investigación: Grupo Sistemas e Informática, Grupo de Estudios en Energía y de Computación Aplicada

[68] J. R. Jaramillo Montoya. “Viabilidad técnica y económica para la utilización del gas natural en la industria incorporando el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)”. Especialización en Mercados de Energía, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Agosto de 2008

[69] A. M. Naranjo Alzate. “Análisis De La Integración De Mercados Eléctricos De La Comunidad Andina”. Maestría en economía de los recursos energéticos y naturales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Septiembre de 2008

[70] M. C. Ochoa Jaramillo. “Modelado de la Integración Energética entre la Región Andina y el SIEPAC”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Mayo de 2010.

[71] F. A. Villa. “Predicción de Precios de Electricidad usando Redes Cascada-Correlación”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Diciembre de 2009.

[72] A. X. Torres Franco. “Incidencias económicas del uso de etanol como biocombustible en Colombia sobre el mercado de los derivados de la caña de azúcar: una aproximación con dinámica de sistemas”. Maestría Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Febrero 2011

[73] Y. F. Ceballos. “Simulación de posibilidades de desarrollo regional sostenible impulsado por energías limpias” Doctorado en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, Diciembre 2012

[74] F. J. Díaz. “Optimización de la operación y diseño de ofertas de una empresa de generación hidroeléctrica en mercados de corto plazo”. Doctorado en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2010

[75] S. H. Hoyos. “Integración energética”. Doctorado en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. (En curso).

[76] A. I. Baena Arce.” Penetración de los vehículos impulsados por celdas de combustible al mercado de transporte”. Maestría en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2010

[77] D. B. Díaz. “Modelado De Señales De Expansión De Generación En Mercados De Electricidad”. Maestría en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2010

[78] A. M. Naranjo Flórez. “Modelo Regional de Producción y Transporte de Biocombustibles”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2011

[79] D. Cardona Vásquez. “Modelo para la planeación operativa de corto y mediano plazo del mercado mayorista de electricidad colombiano”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2011

[80] L. Cárdenas. “Modelado del mercado de Carbono de la Unión Europea y sus implicaciones sobre el sector eléctrico”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2011

[81] V. Rueda. “Predicción del Consumo de Energía en Colombia con Modelos no Lineales.” Maestría en Ingeniería: Ingeniería Administrativa Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. (En curso)

[82] J. G. Villada Oquendo. “Análisis de la competencia y la congestión en el mercado de gas colombiano usando simulación”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Mes de terminación: Octubre. 2011

[83] E. Arias. “Predicción de la demanda de gas natural en Antioquia utilizando un modelo bayesiano y dinámica de sistemas”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. (En curso)

[84] C. D. Zapata. “Metodología de evaluación de aportes al desarrollo rural de un proyecto de producción de biodiesel”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Octubre 2010

[85] M. Naranjo. “Evaluación de alternativas de subsidios residenciales en electricidad: una aproximación con simulación”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Marzo 2010

[86] F. Rua. “Análisis de esquemas de subsidios a la electricidad por medio de economía experimental”. Maestría en Ingeniería: Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Mayo 2010

Tesis de pregrado

[87] A. M. Flórez Berrío, M. C. Ochoa Jaramillo. “Aplicación De La Dinámica De Sistemas Para El Análisis De Políticas En La Producción De Biocombustibles”. Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Septiembre de 2008.

[88] F. Liévano Martínez. “Metodología De Apoyo A La Toma De Decisiones De Electrificación Regional En Zonas No Interconectadas”. Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Septiembre de 2008.

[89] F. Abaunza Osorio. “Análisis Del Impacto Del Mercado Organizado Regulado Sobre El Mercado Eléctrico Colombiano Mediante El Uso De Dinámica De Sistemas”. Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Septiembre de 2008.

- [90] R. Sánchez. “Impacto en la demanda de energía eléctrica en Colombia debido a la penetración de vehículos híbridos-eléctricos y eléctricos”. Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Junio de 2009.
- [91] J. F. López Velásquez. “Aproximación al problema de la penetración de tecnologías alternativas en el calentamiento de agua en el sector residencial colombiano”. Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Diciembre de 2009.
- [92] D. A. Zapata López. “Desarrollo Del Prototipo Del Motor De Simulación Eléctrica Del Sistema De Potencia (Práctica en XM)”. Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Diciembre de 2009.
- [93] D. Cardona Vásquez. “Micromundo de Generación”. Ingeniería en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Diciembre de 2008.
- [94] Á. M. Restrepo Flórez. “Mercado del azúcar en Colombia un análisis desde la dinámica de sistemas”. Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Mayo de 2010.
- [95] S. Zapata Ramírez. “Modelo del mercado de la palma de aceite en Colombia, utilizando dinámica de sistemas”. Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Noviembre de 2010.
- [96] W. Vega. “Predicción de la demanda mensual de electricidad usando máquinas de vectores de soporte”. Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2010
- [97] S. Gutierrez. “MLPVOL: un paquete para el modelado de la volatilidad en series de tiempo usando redes neuronales artificiales”. Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2010
- [98] C. Herrera. “Introducción al uso de secuencias de baja discrepancia en optimización usando técnicas metaheurísticas”. Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 2010.
- [99] C. Zambrano Pérez. “Modelamiento del Precio del Petróleo Crudo WTI Usando Redes Neuronales Artificiales”. Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Enero 2010

ANEXO II. DESCRIPCIÓN DE LA FORMACIÓN DOCENTE Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Carlos Jaime Franco Cardona

Es Ingeniero Civil, magister en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, actualmente es profesor investigador de dedicación exclusiva del Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión en la misma universidad. Su área de investigación comprende los mercados energéticos, la energía, la complejidad y el modelado de sistemas. Es miembro de System Dynamics Society y del Grupo de Investigación en Sistemas e Informática de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín. En el ámbito profesional laboró en Interconexión Eléctrica S.A ESP como Especialista en Planeación de la Operación del Mercado Mayorista de Energía. Ha publicado artículos en revistas como Energy Policy, Avances En Sistemas E Informática, Cuadernos De Administración, Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería, Dyna, Innovar: Revista De Ciencias Administrativas Y Sociales, Estudios Gerenciales, Revista De Dinámica De Sistemas, Revista Cier, Systems Research And Behavioral Science, Energética y Avances En Recursos Hidráulicos.

Yris Olaya Morales

Doctora en Mineral Economics de la Universidad de Colorado School of Mines, es ingeniera de petróleos y magister en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, actualmente es profesora de dedicación exclusiva del Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión de la misma universidad. Su área de investigación es economía energética, mercados de energía e investigación de operaciones. Es miembro de INFORMS, de la International Association for Energy Economics (IAEE) y del Grupo de Investigación en Sistemas e Informática de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín. Ha publicado en revistas como: Dyna, Journal Of The Operational Research Society, Energética, Cuadernos De Administración y System Dynamics Review

Juan David Velásquez Henao

Es ingeniero civil de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; Magister en Ingeniería de Sistemas y Doctor en Ingeniería – Sistemas Energéticos de la misma universidad. Es especialista en redes neuronales, estadística, finanzas y mercados de energía. Sus líneas de investigación y áreas de actuación son: econometría financiera, inteligencia artificial, predicción, ciencias de la decisión e investigación de operación En el área profesional se desempeñó en Isagen S.A ESP como Especialista en Evaluación Financiera de Proyectos Energéticos y Modelado del Mercado. En el ámbito académico destaca por su gran número de publicaciones en revistas científicas y por ser el director del grupo de investigación Computación Aplicada y del grupo de investigación Sistemas e Informática este último clasificado como categoría A1 en Colciencias.

Isaac Dyner Rezonzew

Doctor de Ciencias de la Decisión – Energía, de la University of London, MSc en Investigación Operacional de la University Of Southampton y MSc en Estadística de la University Of Warwick, realizó sus estudios en Especialización en Matemáticas en Louisiana State University System. Investigador en el Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín. Es miembro del Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados en Complejidad (CeIBA), y fundador del Grupo de Investigación en Sistemas e Informática de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín. Ha publicado numerosos artículos en revistas de alto nivel nacionales e internacionales.

Santiago Arango Aramburo

Es ingeniero civil de la de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; termino sus estudios de maestría en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en la misma universidad, obtuvo este

título por la construcción de un micromundo de inversión en energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Colombiano. Estudió el doctorado en dinámica de sistemas en la Universidad de Bergen al estudiar los ciclos de los commodities basados sobre experimentos de expansión cobweb en el mercado de electricidad, por último realizó su post doctorado en la Universidad de Lugano. Sus líneas de investigación comprenden mercados de energía, simulación mediante dinámica de sistemas y eventos discretos, planeamiento de sistemas y economía experimental. Ha publicado artículos en revistas indexadas de alto impacto científico, igualmente ha participado en proyectos de investigación financiados por prestigiosas empresas del sector eléctrico colombiano.

Francisco Javier Díaz Serna

Es ingeniero industrial de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; donde también terminó su maestría y doctorado. Su tesis de maestría fue sobre problemas de estimación y validación de modelo de dinámica de sistemas bajo consideraciones de incertidumbre, su tesis de doctorado fue sobre la optimización de la operación y evaluación de la eficiencia técnica de una empresa de generación hidroeléctrica en mercados de corto plazo. Actualmente, se desempeña como profesor de dedicación a tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Se especializa en métodos heurísticos y de optimización. Ha participado en una gran cantidad de eventos académicos y en proyectos de investigación financiados por prestigiosas empresas del sector eléctrico colombiano.

Gloria Patricia Jaramillo Álvarez

Es ingeniera civil de Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; terminó su doctorado en la Universidad de Valencia en Planificación y Gestión de Recursos Hidráulicos, el título de su tesis fue Desarrollo de un Sistema Soporte a la Decisión para la Asignación de Recursos Naturales con Satisfacción de Múltiples Objetivos y Múltiples Decisores. Sus líneas de investigación comprenden: desarrollo de software, optimización, análisis multiobjetivo, decisiones bajo incertidumbre y planificación territorial. Ha participado en múltiples eventos académicos y ha publicado una gran cantidad de artículos científicos. Actualmente, se desempeña como profesora de dedicación a tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Gabriel Awad Aubad

Magister en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, realizó su pregrado en Ingeniería Administrativa en la misma universidad y una especialización en la Universidad de Antioquia. Se desempeña actualmente como docente de dedicación exclusiva en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín. Ha realizado publicaciones bibliográficas sobre resultados de investigaciones para: Área Metropolitana Del Valle De Aburrá, Universidad Nacional de Colombia, Memorias, III Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación 2012 y Seminario XIX de Administración Pública y ha dirigido numerosos trabajos de grado.

Luis Fernando Moreno Velásquez

Es magister en Matemáticas de la Universidad Nacional de Colombia y Master of Science de Northwestern University, realizó sus estudios de pregrado en Ingeniería Civil en la Facultad de Minas. Actualmente se desempeña como docente con dedicación exclusiva en el departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión de la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con varias publicaciones en revistas científicas y en capítulos de libros, además de participar en numerosos proyectos Investigativos de la misma universidad.

Francisco Javier Moreno Arboleda

Doctor en Ingeniería en Sistemas e Informática y Magister en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, realizó una especialización en Ciencias Electrónicas e Informáticas en la Universidad de Antioquia, donde también culminó sus estudios de pregrado en Ingeniería de Sistemas. Es actualmente docente de dedicación exclusiva del departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión la Facultad de Minas. Ha realizado numerosas publicaciones en revistas como: Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Ingeniería e Investigación, Revista Científica, Wseas Transactions On Information Science Applications, Avances en Sistemas E Informática, Dyna, Scientia Et Technica, Revista Técnica De La Facultad De Ingeniería De a Universidad De Zulia, Ingenierías Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, Mathematical And Computer Modelling, Information Technology And Control, Aip Conference Proceedings, Ikala Revista De Lenguaje Y Cultura, Aip Conferece.

Como puede observarse los docentes que conforman el recurso humano base para la creación de la especialización en Modelado Estratégico y Toma de Decisiones se caracterizan por poseer conocimientos, habilidades y destrezas investigativas relacionadas con el enfoque de la especialización propuesta, adicionalmente se especializan en diferentes áreas de investigación lo que garantiza la sinergia entre las áreas del conocimiento para lograr formar maestros- investigadores con un alto desempeño a nivel académico.

Grupos de investigación: Sistemas e Informática

El grupo de investigación Sistemas e Informática del Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión de la Universidad Nacional sede Medellín ha sido reconocido hasta la actualidad como grupo de excelencia en la máxima categoría A1 por parte de COLCIENCIAS. Las líneas de investigación declaradas por el grupo son: Ingeniería de Software, Inteligencia Artificial e Investigación de Operaciones. Se desempeña en los siguientes ámbitos:

- 1.- Actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas
- 2.- Consultoría en sistemas de informática
- 3.- Desarrollo de programas (software)
- 4.- Energía
- 5.- Otras actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas
- 6.- Otras actividades de prestación de servicios en informática

Cuenta con alrededor de ocho investigadores activos cada uno de ellos es reconocido por su alto nivel académico investigativo, muchos de los investigadores activos forman parte del recurso docente que empleará la especialización en Modelado Estratégico y Toma de Decisiones. El grupo de investigación de Sistemas e Informática tiene asociado a la fecha 129 artículos publicados en revistas científicas producto del esfuerzo, disciplina, dedicación y habilidades investigativas de los miembros del grupo. En cuanto a la participación en eventos, hasta la fecha el grupo de investigación tiene asociado 260 capítulos de memoria de eventos académicos. Igualmente dentro del grupo de investigación se han publicado libros, capítulos de libros e incluso se ha llegado a desarrollar software. El grupo de investigación de Sistemas e Informática ha establecido alianzas estratégicas con prestigiosas empresas del sector eléctrico como ISA, ISAGEN, EPM, CIEN entre otras. El establecimiento de estas alianzas ha sido útil para la financiación de proyectos de investigación y para ejercer actividades de consultoría enriqueciendo a ambas partes. También, es necesario destacar que el alto nivel investigativo y reconocimiento nacional e internacional de los integrantes del grupo de investigación Sistemas e Informática, ha permitido el establecimiento de redes de comunicación entre expertos académicos en temas asociados a las líneas de investigación.

Anexo 3. Formato Punto de Equilibrio – Maestría en Ingeniería – Analítica

Maestría en Ingeniería - Analítica

SEMESTRE 1

I. COSTOS DE OPERACIÓN

Nombre de la persona que diligencia el formato	Juan David Velásquez	Cargo	Director de Departamento Ciencias de la Computación y la Decisión	Teléfono	4255370	Correo electrónico	jdvelasq@unal.edu.co
Fecha de diligenciamiento del formato	22 de julio de 2016						

Información general	
Periodo académico de inicio del semestre	2019-I
Número de estudiantes que se esperan tener en el semestre	De 10 a 20
Núcleo en el cual se dictarán las clases	Núcleo Robledo

Franja horaria							
Clases Teóricas	Nomenclatura Aula (s)	Día 1	Hora Desde	Hora Hasta	Día 3	Hora Desde	Hora Hasta
			17:00				
No hay salones, porque en este semestre los estudiantes estan desarrollando sus tesis o trabajos finales		Día 2	Hora Desde	Hora Hasta	Día 4	Hora Desde	Hora Hasta
Laboratorio utilizado para las prácticas (Nomenclatura)	Nomenclatura Laboratorio (s)	Día 1	Hora Desde	Hora Hasta	Día 2	Hora Desde	Hora Hasta

1. Recursos para la Actividad académica

a. Infraestructura	Horas/semestre requeridas	VALOR TOTAL	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
Aulas Teóricas	0	\$ 0		-		-		-	
Laboratorios	0	\$ 0		-		-		-	
Aulas de Informática	0	\$ 0		-		-		-	
Salones de estudio para maestría y doctorado	320	\$ 9.908.256	320	9.908.256		-		-	
Oficinas Administrativas	60	\$ 1.857.798	60	1.857.798		-		-	
Oficinas de profesores	240	\$ 7.431.192	240	7.431.192		-		-	
Subtotal	620	\$ 19.197.246		19.197.246		-		-	

b. Equipos de Laboratorio*	Cantidad	VALOR TOTAL	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
	0	\$ 0		-		-		-	
	0	\$ 0		-		-		-	
	0	\$ 0		-		-		-	
Subtotal	0	\$ 0		-		-		-	

* De acuerdo al plan de estudios del programa: mencionar todos los equipos de laboratorio requeridos durante el semestre

c. Equipos Informáticos y medios audiovisuales	Cantidad	VALOR TOTAL	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
Computadores	1	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000		-		-	
Video Beam	1	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000		-		-	
Retroproyector	0	\$ 0		-		-		-	
Cámaras de video	0	\$ 0		-		-		-	
Televisor	0	\$ 0		-		-		-	
Cámara Fotográfica	0	\$ 0		-		-		-	
DVD	0	\$ 0		-		-		-	
Software especializado para docencia	0	\$ 0		-		-		-	
Otros? Especificar	0	\$ 0		-		-		-	
Subtotal	2	\$ 4.000.000		4.000.000		-		-	

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPONENTE PRESUPUESTAL (ESTIMACIÓN DE COSTOS E INGRESOS) EN LAS PROPUESTAS DE CREACIÓN DE NUEVOS PROGRAMAS CURRICULARES

Maestría en Ingeniería - Analítica

d. Bibliotecas y publicaciones	Nombre	VALOR TOTAL ESTIMADO O PRESUPUESTADO	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
Colecciones existentes	304	\$ 10.000.000	304	10.000.000					
Colecciones que se deben adquirir	0	\$ 0							
Suscripción requerida a colecciones	0	\$ 0							
Revistas seriadas existentes	0	\$ 0							
Revistas seriadas que se deben adquirir	0	\$ 0							
Revistas seriadas a las que se requiere suscribirse	0	\$ 0							
Subtotal	304	\$ 10.000.000		10.000.000		-		-	

e. Suministros y mantenimiento	VALOR TOTAL ESTIMADO POR SEMESTRE	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
		Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
Suministros para la docencia	\$ 500.000	1	500.000					
Suministros para laboratorio	\$ 0							
Mantenimiento de infraestructuras	\$ 1.000.000	1	1.000.000					
Mantenimiento equipos de cómputo	\$ 0							
Subtotal	\$ 1.500.000		1.500.000		-		-	

2. Recursos Administrativos

a. Equipos de oficina	Cantidad	VALOR	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Fuente de financiación
Computadores	1	\$ 2.000.000	1	2.000.000					
Impresoras	1	\$ 1.000.000	1	1.000.000					
Archivadores	1	\$ 500.000	1	500.000					
Telefax	0	\$ 0							
Fotocopiadora	0	\$ 0							
Mobiliario (escritorios, sillas, entre otros)	0	\$ 0							
Subtotal	\$ 3	\$ 3.500.000		3.500.000		-		-	

b. Suministros y mantenimiento.	Recursos Requeridos	VALOR	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cuáles	VALOR	Cuáles	VALOR	Cuáles	VALOR	Fuente de financiación
Suministros oficina	0	500.000	Papel/Tinta/Café	500.000					
Mantenimiento equipos de cómputo	0	500.000	Mantenimiento	500.000					
Subtotal		1.000.000		1.000.000		-		-	

c. Publicidad	Recursos Requeridos	VALOR	Recursos disponibles facultad		Recursos disponibles otras facultades		Recursos por financiar		
			Cuáles	VALOR	Cuáles	VALOR	Cuáles	VALOR	Fuente de financiación
Avisos de prensa	0	\$ 1.000.000		1.000.000					
Radio	0	\$ 0							
Afiches plegables	1	\$ 500.000					1	500.000	Posgrado
Otros ¿Cuáles?	0	\$ 0							
Subtotal	1	\$ 1.500.000		1.000.000		-		500.000	

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPONENTE PRESUPUESTAL (ESTIMACIÓN DE COSTOS E INGRESOS) EN LAS PROPUESTAS DE CREACIÓN DE NUEVOS PROGRAMAS CURRICULARES

Maestría en Ingeniería - Analítica

3. Personal Académico y Administrativo

3.1. Personal Académico	Personal docente requerido				VALOR TOTAL	Docentes de la facultad	Docentes de otras facultades	Recursos externos	
	Cantidad	Dedicación (Hora/mes/docente)	Meses	Valor hora				Docentes externos	Fuente de financiación
Docente coordinador académico	1	10	6	78.383	\$ 4.702.972				
Docentes de planta facultad con nivel de Especialización	0	0	6	50.883	\$ 0				
Docentes de planta facultad con nivel de Maestría	0	0	6	53.035	\$ 0				
Docentes de planta facultad con nivel de Doctorado	4	10	6	78.383	\$ 18.811.890				
Docentes ocasionales - especiales	0	0	0	63.172	\$ 0				
Invitados Internacionales	0			189.515	\$ 0				
Invitados Nacionales	0			63.172	\$ 0				
Subtotal	5	20	24		\$ 23.514.862	-	-	-	

3.2. Personal Administrativo	Personal Administrativo Requerido				VALOR TOTAL	Disponible Facultad	Otras Facultades	Recursos externos	
	Cantidad	Dedicación (Hora/mes)	Meses	Valor Unitario*				Contratistas	Fuente de financiación
Secretaría	1	4	6	7.886	\$ 189.256				
Monitor				24.499	\$ 0				
Otros ¿Cuáles?					\$ 0				
Subtotal	1				\$ 189.256				

* Valor Hora Promedio

3.3. Desplazamiento	Recursos Requeridos	Valor Unitario	VALOR TOTAL	Recursos Disponibles Facultad		OTROS		Recursos Por Financiar	
				Cantidad	VALOR	Cantidad	VALOR	Valor	Fuente de Financiación
Transporte y Gastos de Estadía Profesores			-						
Transporte y Gastos de Estadía estudiantes			-						
Viáticos profesores			-						
Subtotal			-		-		-	-	

3.4. Capacitación	No	V Unitario	V. TOTAL	Recursos Facultad	OTROS	Por Financiar
Cursos profesores			-			
Seminarios profesores	1	1.000.000	1.000.000			
Seminarios estudiantes	1	1.000.000	1.000.000			
Pasantías profesores			-			
Pasantías estudiantes			-			
Subtotal			2.000.000	-	-	-

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPONENTE PRESUPUESTAL (ESTIMACIÓN DE COSTOS E INGRESOS) EN LAS PROPUESTAS DE CREACIÓN DE NUEVOS PROGRAMAS CURRICULARES

Maestría en Ingeniería - Analítica

4. Financiación de la Investigación

Quién Financia la investigación?	Bienes	Dinero	Destinación	Contacto
Recursos de investigación de la Facultad				
Recursos de investigación DIME				
Financiación externa				
Subtotal				

5. Otros	V. TOTAL	Recursos Facultad	OTROS	Por Financiar
Cuáles?	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	-

4. Transferencias		
	Porcentaje	Valor Estimado
Transferencia al Fondo de Facultad (Fondo Común)	40%	19.304.712
Transferencia Admisiones		
Transferencia a la UGI	25%	10.341.810
Transferencia Fondo especial nivel central Sede (50% derechos de matrícula)	50%	3.447.270
Transferenci Fondo especial de la Facultad (30% derechos de matrícula)	30%	2.068.362
Transferencia (Fondo especial nivel NACIONAL - 20% derechos de matrícula)	20%	1.378.908
Transferencia...Especificar		
Imprevistos**		

II. FUENTES DE FINANCIACIÓN DEL PROGRAMA

1. Recursos Generados por el Programa

Concepto	Puntos*	V Puntos**	V. Unitario	Estudiantes	TOTAL
Matriculas	30	22.982	689.454	10	6.894.540
Derechos Académicos***	180	22.982	4.136.724	10	41.367.240
Bienestar Universitario	10	22.982	229.818	10	2.298.180
Derechos de Grado	20	22.982	459.636	10	4.596.360
Subtotal Recursos Propios					48.261.780

* Acuerdo 119 de 1987 del CSU Art. 95; Acuerdo 101/93 del CSU Art.2o; Acuerdo 20 de 2001 Art. 49 del Consejo Académico

** Acuerdo 020 de 2001 del Consejo Académico, Artículo 47 Parágrafo 1° y Acuerdo 016/00 del CSU, Art. 2o.

2. Otros Recursos (Aportes en Efectivo)

Concepto	Universidad Nacional					Subtotal UN	Otras Instituciones	TOTAL
	Facultad	Otras Facultades	Nivel Central Sede	Otras Sedes	Nivel Nacional			
						-		-
						-		-
						-		-
						-		-
Subtotal	-	-	-	-	-	-	-	-

BECAS	Nº becas	Ingresos percibidos	Ingresos transferidos	Ingresos totales
Becas completas				0
Becas parciales				0
Convenios				0

Notas Explicativas:

Destino de las utilidades: Los excedentes serán utilizados para el mejoramiento de la infraestructura, operación y acreditación del programa.

Observaciones:

Anexo 4: Documento Maestro - Maestría en Ingeniería - Analítica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN

**PROPUESTA PROYECTO ACADÉMICO:
Creación Maestría en Ingeniería - Analítica**

**Grupo Gestor:
Carlos Jaime Franco Cardona
Juan David Velásquez Henao**

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas**

**Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática
Medellín, Colombia**

2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES ACADÉMICOS E INSTITUCIONALES DEL PROGRAMA.....	5
3. JUSTIFICACIÓN – DEMANDA SOCIAL Y NECESIDAD DEL PROGRAMA.....	6
3.1. Estado Actual del Programa a Nivel Nacional e Internacional.....	6
3.1.1. Estado del programa a nivel nacional.....	6
3.1.2. Estado del programa a nivel Internacional.....	6
3.2. Necesidades del País y la Región.....	10
3.3. Pertinencia del Programa.....	11
3.4. Fortalezas Profesionales y Académicas.....	13
3.5. Demanda Potencial.....	18
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA.....	19
4.1. Denominación Académica.....	19
4.2. Objetivo General de Formación del Programa.....	19
4.3. Perfil del Aspirante.....	19
4.4. Perfil de Egreso de cada Plan de Estudios.....	20
4.5. Plan de Estudios.....	20
4.5.1. Objetivos Específicos de cada Plan de Estudios.....	20
4.5.1.1. Plan de Estudios de Profundización.....	20
4.5.1.2. Plan de Estudios de Investigación.....	21
4.5.2. Estructura Curricular.....	21
4.5.3. Actividades Académicas – Maestría en Profundización.....	22
4.5.3.1. Seminario de Investigación I.....	22
4.5.3.2. Propuesta de Trabajo Final de Maestría.....	22
4.5.3.3. Trabajo Final de Maestría.....	23
4.5.4. Actividades Académicas – Maestría en Investigación.....	23
4.5.4.1. Seminario de Investigación I.....	23
4.5.4.2. Seminario de Investigación II.....	24
4.5.4.3. Proyecto de Tesis de Maestría.....	24
4.5.4.4. Tesis de Maestría.....	24
4.6. Articulación entre los Distintos Niveles de Formación.....	25
4.7. Requisito de Grado.....	25
5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	26
6. ADMISIÓN.....	26

6.1.	Punto de Equilibrio, Periodicidad de Admisión y Cupos.....	27
6.2.	Requisitos de Admisión.....	27
6.3.	Criterios de Admisión.....	27
7.	ANÁLISIS DE RECURSOS.....	29
7.1.	Recursos Humanos.....	29
7.1.1.	Recursos Docentes.....	29
7.1.2.	Recursos Administrativos.	30
7.2.	Recursos Físicos.....	30
7.3.	Recursos Bibliográficos.....	32
8.	SISTEMAS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA.....	33
9.	REFERENCIAS.	34
10.	ANEXOS.	35

1. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Minas se ha distinguido, desde sus inicios, por ser generadora de conocimiento y formadora de ingenieros para el apoyo y desarrollo de la industria en general. Actualmente en Colombia como en cualquier otra parte del mundo, los programas de posgrado constituyen una necesidad lógica del perfeccionamiento de la actividad académica y profesional, y una condición para el desarrollo autónomo de la sociedad. La Universidad Nacional de Colombia y la Facultad de Minas han respondido a esa necesidad de formación profesional de alto nivel con la creación y apertura de programas de posgrado en diferentes áreas.

Este documento pone a consideración de las directivas de la Universidad Nacional de Colombia la propuesta de creación y apertura del programa “Maestría en Ingeniería - Analítica”, regida por las regulaciones establecidas en el Acuerdo 035 de 2009 del Consejo Superior Universitario.

2. ANTECEDENTES ACADÉMICOS E INSTITUCIONALES DEL PROGRAMA.

Las tendencias actuales, imponen la formulación, creación, desarrollo e implementación de proyectos, procesos y transformaciones en los ámbitos económicos, políticos, educativos y sociales, basados en infraestructuras tecnológicas y de innovación que simplifiquen el desarrollo y que conduzcan al crecimiento y proyección de una sociedad. En este sentido y como parte de la responsabilidad social que tiene la Facultad de Minas, se configuró en el año 2013 la propuesta de creación de un programa de formación avanzada que comenzará a surtir el mercado de profesionales idóneos para el proceso de transformación que impone la “era digital”.

Es así como el Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática crea para el año 2014 el programa de Especialización en Analítica como respuesta al contexto nacional e internacional actual, marcado por el alto grado de desarrollo de los tratados comerciales y TLC, que impone a los empresarios, nuevos retos respecto a sus funciones administrativas; dado que requieren capacitación, tanto suya como del personal a su cargo, en el manejo de las nuevas tecnologías, la comprensión de las cambiantes dinámicas del mercado, la manipulación, comprensión y uso efectivo de grandes bases de datos; de modo que puedan tener una mejor visión y comprensión de los problemas organizacionales, así como del impacto de sus decisiones en este, con el fin de mantener una ventaja competitiva en el mercado actual. Esto evidencia una fuerte necesidad de dominar en la industria contemporánea, además de las estrategias de negocio, técnicas computacionales avanzadas que permitan enfrentar exitosamente tales retos. (Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática, 2014)

A lo anterior, la Especialización ofrece un proceso de admisión para el primer semestre del año 2016, contando con 15 admitidos de un total de 17 aspirantes, aumentado a 35 aspirantes para el segundo semestre del mismo año. El incremento del 50% de los aspirantes, evidencia, no solo la pertinencia de un programa de posgrado en esta línea de conocimiento, sino la fortaleza académica del Área Curricular y la Facultad de Minas y la necesidad creciente del medio por contar con personal formado, capacitado y con competencias en para el manejo de datos y modelado predictivo que pueda proveer información efectiva, relevante y oportuna para la toma de decisiones.

La Maestría en Ingeniería – Analítica además de responder a las necesidades del medio y a las tendencias mundiales estará soportada con un cuerpo docente calificado de 19 docentes, de los cuales 17 tienen formación doctoral; y con 11 grupos de investigación de gran trayectoria, dos con la más alta categoría según COLCIENCIAS, que ya comienzan a incursionar en estas temáticas de investigación, como se muestra a continuación.

3. JUSTIFICACIÓN – DEMANDA SOCIAL Y NECESIDAD DEL PROGRAMA.

3.1. Estado Actual del Programa a Nivel Nacional e Internacional

3.1.1. Estado del programa a nivel nacional.

En Colombia se ha evidenciado la necesidad de desarrollar estrategias de crecimiento empresarial basado en el análisis y toma de decisiones, Big Data y analítica. Para esto en los últimos años se han propiciado espacios de formación como diplomados, cursos, conferencias, convenciones, entre otros que han sido liderados por instituciones de educación superior reconocidas en el país como lo son:

- Diplomado: Inteligencia de Negocios – Universidad Javeriana
- Diplomado: Pensamiento Creativo y Herramientas para la Toma de Decisiones – Universidad Externado de Colombia.

Adicionalmente Colombia para el año 2015, fue sede de la Convención de Analítica organizada por SAS, en donde participaron expertos mundiales, líderes empresariales y representantes de gobiernos y universidades en donde se “busca profundizar en la adopción de la analítica como motor de innovación en las empresas y gobiernos de la región, para que sean cada vez más competitivos en los mercados actuales” (Portafolio, 2015)

En este sentido y en torno las tendencias mundiales, las universidades han comenzado a responder a las necesidades de formación que permitan la adecuada adopción y capacitación de estos procesos de innovación y competitividad en el sistema colombiano con oportunidad y celeridad como se muestra a continuación:

Universidad	Nombre del Programa	Departamento	Año de creación
Universidad de los Andes	Maestría en Inteligencia Analítica para la Toma de Decisiones	Cundinamarca	2015
Pontificia Universidad Javeriana	Maestría en Analítica para la Inteligencia de Negocios	Cundinamarca	2016

Tabla 1. Relación de programas en analítica en universidades nacionales

3.1.2. Estado del programa a nivel Internacional

En el contexto Internacional, la analítica forma parte de las tendencias de inversión de mayor crecimiento, ahora impulsada por BI y Big Data (Computerworld Colombia, 2015) y teniendo en cuenta que los datos crecen de manera exponencial, las organizaciones requieren gestionar de manera eficiente y sustentable los datos, por lo que el papel de la analítica entra en juego

para darle un valor a la información generada y medir el impacto que tendría dentro de la misma.

Es así como diversas instituciones de educación superior alrededor del mundo (Tabla 2) han visto una oportunidad de generar conocimiento sobre esta área, que además de contribuir al uso, análisis y transformación de los datos, permita la generación de estrategias innovadoras, efectivas y eficaces a través del procesamiento de información.

Programa	Universidad	País
Maestría en Explotación de Datos Y Descubrimiento del Conocimiento	Universidad de Buenos Aires	Argentina
Maestría en Explotación de Datos y Gestión del Conocimiento (Data Mining)	Universidad Austral	Argentina
Posgrado en Analítica Web	Universitat de Barcelona	España
Máster Universitario en Métodos Analíticos para Datos Masivos: Big Data	Universidad Carlos III de Madrid	España
Máster en Digital Business Management	SPAIN Business School	España
Máster Universitario en Ingeniería de Análisis de Datos, Mejora de Procesos y Toma de Decisiones	Universitat Politècnica de València	España
Máster Universitario en Big Data Analytics – MBI	Universidad Europea	España
Master en Soluciones Big Data	Bts Barcelona Technology School	España
Maestro De La Ciencia De Datos	Harbour.Space	España
Máster en Analítica Web y Big Data	Spain Business School	España
Máster en Data Science y Big Data	Afi Escuela De Finanzas	España
Máster Intensivo en Big Data e Inteligencia de Negocio	Madrid School Of Marketing	España
Master en Business Analytics y Big Data	Ciff Centro Internacional de Formación Financiera	España
Máster en Data Science y Big Data	Afi Escuela De Finanzas	España
Master en Business Analytics y Big Data	Ciff Centro Internacional De Formación Financiera	España
Comercialización MSC Y Análisis De Datos	Neoma Business School	Francia
Maestría En Ciencias De Datos	Bologna Business School	Italia
Master Internacional En Análisis De Negocios Y Grandes Datos (BABD)	Mip Politecnico Di Milano School Of Management	Italia

Programa	Universidad	País
Mabda - Maestría En Análisis De Datos Grandes	Luiss Business School	Italia
Maestría en Inteligencia Analítica	Universidad Anáhuac	México
Maestría en Ciencia de los Datos	Instituto Tecnológico Autónomo de México	México
Maestría en Ciencia de los Datos y Procesamiento de Datos Masivos (Big Data)	Universidad Cuauhtemoc	México
Máster En Análisis De Negocio	Vu University Amsterdam	Países Bajos
Maestría en Ciencias en Análisis De Datos Grandes Para Los Negocios	IESEG School of Management Lille - Paris	Paris
Maestría en Ciencia de los Datos	Universidad Ricardo Palma	Perú
Maestría En Computación De Alto Rendimiento Y Análisis De Datos Grandes	Universitatea Babeş-Bolyai	Rumania
Maestría En Ciencias De Datos (DSC)	Eit Digital Master School	Suecia
Master of Science in Marketing Analytics	Bentley University	USA
Master of Science in Analytics	Georgia Tech	USA
Master of Science In Statistics: Data Science	Stanford University	USA
Master of Information Systems Management	Carnegie Mellon University	USA
Masters of Science in Computer Science	Columbia University	USA
Master of Science in Predictive Analytics	DePaul University	USA
Master of Science in Business Analytics	Drexel University	USA
Masters of Science in Computational Science and Engineering	Harvard University	USA
Master of Science In Analytics	Louisiana State University	USA
Master of Business Administration	Massachusetts Institute of Technology	USA
Master of Business Administration	New York University	USA
Master of Science In Analytics	North Carolina State University	USA
Master of Science in Analytics	Northwestern University	USA

Programa	Universidad	País
Master of Business And Science degree in Operations Research and Business Analytics	Rutgers University	USA
Master of Science In Computer Science	Stanford University	USA
Master of Engineering	University of California at Berkeley	USA
Master of Science in Business Analytics	University of Cincinnati	USA
Master of Science in Business Analytics and Project Management	University of Connecticut	USA
Master of Science in Statistics: Analytics Concentration	University of Illinois	USA
Master in Electronic Business Technologies	University of Ottawa	USA
Master of Science in Business Analytics	University of Tennessee	USA
Master of Science in Business Analytics	York University	USA

Tabla 2. Relación de programas en analítica en universidades Internacionales

Programas a Nivel Mundial

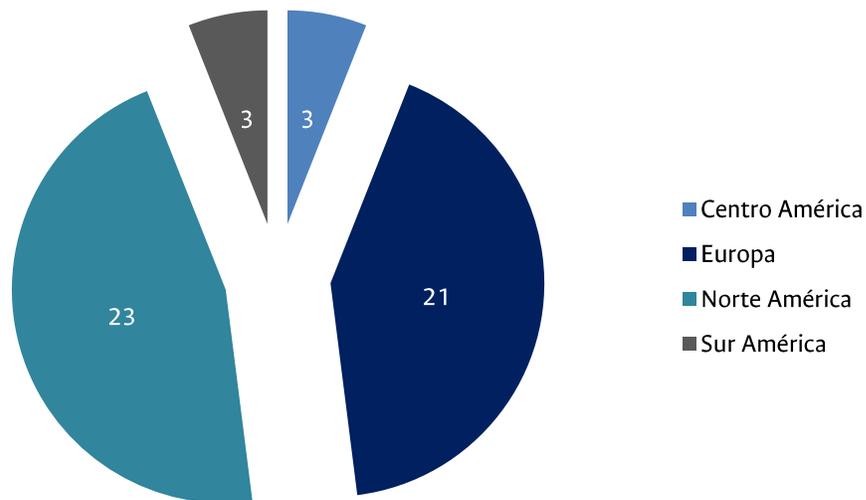


Figura 1. Muestra programas similares a nivel mundial

Con la finalidad de tener un panorama más claro a nivel mundial, se presenta en la

Figura 1 el consolidado de la muestra de los programas “top” de maestría en Norte América y Europa y los únicos programas ofrecidos en Centro América y Sur América enfocados a las temáticas de la Maestría en Ingeniería – Analítica que propone la Facultad de Minas.

Solo el 12% de la muestra total que se presenta en este documento hace referencia al número de programas de formación avanzada que se ofrecen en América Latina.

3.2. Necesidades del País y la Región

El Big Data se ha convertido en la apuesta principal de empresas y gobiernos que desean optimizar sus negocios y la administración pública a partir del manejo eficiente de la información digital.

Por eso, Colombia le está apostando fuerte a esa generación de conocimiento y ha puesto en marcha, en asocio con la empresa privada y la academia, acciones para impulsar la competitividad e inclusive promover políticas públicas de Big Data.

De igual manera, en el actual Plan de Desarrollo del país 2014-2018: “Todos por un nuevo país” se tiene en la línea 5: Competitividad e Infraestructura Estratégicas, objetivo 1: Incrementar la productividad de las empresas colombianas a partir de la sofisticación y diversificación del aparato productivo (Planeación, 2015), como lineamiento que sirve de soporte adicional a la respuesta de un programa de formación avanzada ofrecido desde la universidad de la Nación.

Las prioridades actuales de los departamentos de TI están centradas fundamentalmente en mejorar la eficiencia en los procesos de negocio, en líneas de rendimiento y coste fundamentalmente, en introducir procesos y gestionar la Innovación y acompañar a las áreas de negocio en Mejorar la Experiencia del Cliente. (Maroto, 2015)

Según Sandra Milena Hernández, marketing Manager de SAS, “Con la apertura de los primeros programas de científicos de datos en Latinoamérica y el auge del Big Data en países como Colombia, Brasil, México y Ecuador, podemos calcular que la región contará con cerca de 300 mil científicos de datos en los próximos cinco años”, (Delgado, 2015) quien lideró en conjunto con la Pontificia Universidad Javeriana, la creación del programa de Maestría en Analítica para la Inteligencia de Negocios para esta institución.

Enmarcados en la asociación establecida por la Pontificia Universidad Javeriana y SAS, el Viceministerio de Tecnologías y Sistemas de la Información se encuentra liderando proyectos enfocados a esta tendencia y como primera iniciativa para “desarrollar un nuevo ecosistema de capacidades analíticas en el país” se ha formulado nuevo proyecto de innovación denominado Caoba que “reúne a las universidades, Javeriana, como entidad ejecutora, Icesi, Eafit, los Andes, a las empresas de tecnologías IBM, EMC, SAS, a Nutresa, Bancolombia y el

Gobierno, a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP), además del clúster Creatic de Popayán. Con esto se busca sumar competitividad y posicionamiento en la cultura de los datos”. (TECNÓSFERA, 2016)

Si se tiene en cuenta la relevancia del asunto y la oferta académica en el país, encontramos que la mayoría de los programas de formación a nivel de especialización y maestría se encuentran en Bogotá y que a su vez se concentran en tres instituciones; en Antioquia se cuenta sólo con dos programas a nivel de especialización en la Universidad Pontificia Bolivariana y en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

3.3. Pertinencia del Programa

Expertos de SAS, explicaron que: “La analítica es el descubrimiento y la comunicación de patrones significativos en datos. Sin embargo, donde radica la historia real de la analítica es en donde las empresas pueden tener una ventaja competitiva, pues esta se ha convertido en el motor de la innovación en el mundo, permitiendo que las empresas impacten positivamente sus resultados de negocio”. (Computerworld Colombia, 2015)

Los proyectos de Big Data y el análisis de los grandes datos están demostrando como pueden ayudar a abordar una amplia gama de problemas o retos que deben afrontar las empresas y organizaciones en todo tipo de sectores e industrias. (Maroto, 2015)

Por otro lado, consultoras internacionales especializadas como Gartner, afirman que solo en 2015 se generaron más de 4,4 millones de puestos de trabajo en todo el mundo vinculados con Big Data. (LaNación.cl, 2016)

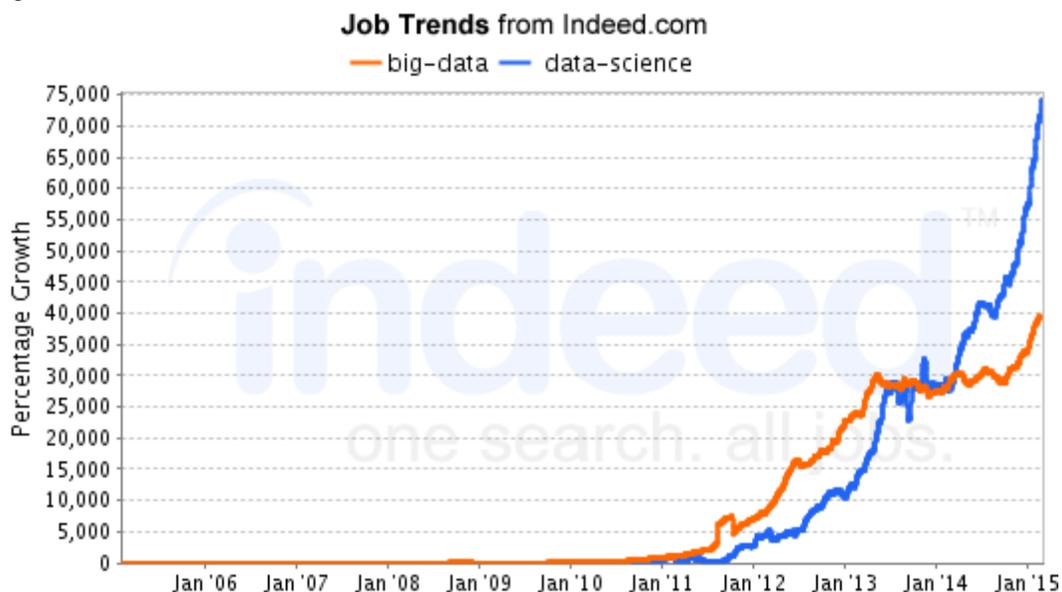


Ilustración 1. Tendencia en el Mercado laboral para expertos en Big Data y Data Science

Bob Hayes, 2015

Como respuesta a este incremento en el mercado laboral de expertos en el tema, las instituciones universitarias alrededor del mundo han expandido sus campos de acción en las áreas de conocimiento que cubran la demanda actual a través de la creación de nuevos programas. Hace algunos meses la prestigiosa revista Harvard Bussines Review la denominó la “profesión más sexy del siglo XXI” (LaNación.cl, 2016).

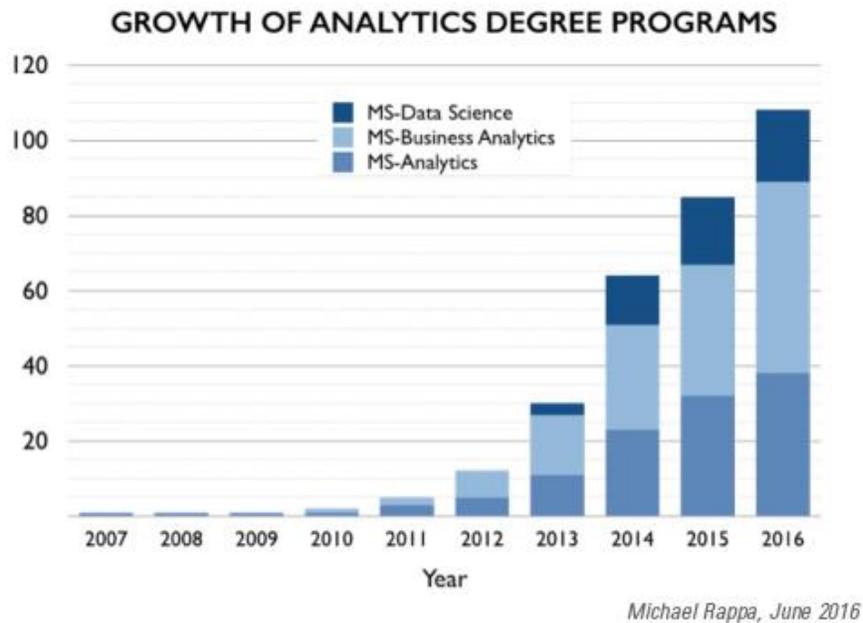


Ilustración 2. Tendencia de creación de programas en el área de analítica

Actualmente se busca que la tecnología contribuya al mejoramiento de la gestión, apoyando los procesos para alcanzar una mayor eficiencia y transparencia en su ejecución, que facilite la administración y el control de los recursos y que brinde información objetiva y oportuna para la toma de decisiones en todos los niveles. Permite la alineación de la gestión de TI con los objetivos estratégicos de la entidad, aumentar la eficiencia de la organización y mejorar la forma como se prestan los servicios misionales (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones).

En conclusión a lo expuesto y mostrado en los apartados anteriores, es pertinente, necesario y estratégico la creación del programa de Maestría en Ingeniería – Analítica en la Facultad, que aporte a la visión de país con “la formación de egresados líderes, el aporte con conocimientos técnicos y científicos a la solución de los grandes problemas nacionales, el fortalecimiento del aporte de la ingeniería a la generación de riqueza mediante la innovación y el desarrollo tecnológico”.

3.4. Fortalezas Profesionales y Académicas

Grupos de Investigación asociados al Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión:

Grupo de investigación	Categoría 737
Ciencias de la Decisión	A1
Grupo de Sistemas Energéticos	A1
GIDIA - Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial	A
Inteligencia Artificial en Educación	A
Lenguajes Computacionales	A
Informática Educativa (GUIAME)	A
Sistemas Inteligentes Web (SINTELWEB)	A
Big Data y Data Analytics	B
Ingeniería del Software	C
UNGIDO	D
Calidad de Software	Sin Clasificación

Tabla 3. Grupos de Investigación.

Los profesores que se encuentran vinculados a cada uno de estos grupos de investigación se muestran en la Tabla 4.

Grupo	Profesor
Ciencias de la Decisión	Gloria Patricia Jaramillo Álvarez
	Yris Olaya Morales
	Santiago Arango Aramburo
Grupo de Sistemas Energéticos	Carlos Jaime Franco Cardona
	Juan David Velásquez Henao
GIDIA - Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial	Albeiro Espinosa Bedoya
	Demetrio Arturo Ovalle Carranza
	John Willian Branch Bedoya
Inteligencia Artificial en Educación	Jovani Alberto Jiménez Builes
Lenguajes Computacionales	Carlos Mario Zapata Jaramillo
	Gloria Lucia Giraldo Gómez
	Fernando Arango Isaza
Informática Educativa (GUIAME)	Julián Moreno Cadavid
Sistemas Inteligentes Web (SINTELWEB)	Jaime Alberto Guzmán Luna
Big Data y Data Analytics	Carlos Jaime Franco Cardona
	Juan David Velásquez Henao

Ingeniería del Software	Fernando Arango Isaza
	Gloria Lucía Giraldo Gómez
UNGIDO	Luis Fernando Moreno Velásquez
	Francisco Javier Díaz Serna
Calidad de Software	Albeiro Espinosa Bedoya

Tabla 4. Profesores pertenecientes a los grupos de investigación

Como se puede observar los grupos de investigación descritos en la Tabla 1 poseen integrantes comunes (ver Tabla 2), por lo tanto los proyectos de investigación que se muestran en la Tabla 5 hacen alusión a los proyectos más representativos emprendidos por los integrantes de los grupos de investigación relacionados con Analítica. Algunos proyectos pueden implicar la participación de más de un integrante de los grupos de investigación.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Utilización de la Dinámica de Sistemas para el modelamiento de la penetración de vehículos con fuentes alternativas de energía al Mercado Colombiano	DINAIN	2007-2008	Modelado predictivo, Dinámica de sistemas, toma de decisiones.
Integración Energética	ISA	2008-2009	Análisis de sistemas, Dinámica de sistemas, Modelado.
Efectos de la Integración Energética en el Desarrollo de los países de América Latina	CEIBA	2011	Modelado predictivo, análisis de sistemas, toma de decisiones.
Análisis de diseño de esquema de subsidios en los servicios públicos colombianos por medio de economía experimental y simulación	EPM-Andesco-Colciencias	2008-2009	Simulación, Modelado predictivo, toma de decisiones, economía experimental
Modelo regional de producción y transporte de biocombustibles en Colombia	ISA	2009-2010	Modelado predictivo, investigación de operaciones, análisis de sistemas.
Dinámica de la Penetración de Tecnologías Alternativas para Vehículos Automotores y su Impacto en las Concentraciones de Carbono Atmosférico	DIME	2009-2010	Modelado predictivo, dinámica de sistemas, análisis de decisiones.
Modelo para la planeación operativa de corto y mediano plazo del mercado mayorista de electricidad colombiano	ISA	2010-2011	Modelado predictivo, toma de decisiones.
Modelado del mercado de	ISA	2010-2011	Modelado predictivo, toma de

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Carbono de la Unión Europea y sus implicaciones sobre el sector eléctrico			decisiones.
Instituciones y políticas en el camino hacia una economía baja en carbono	EPM	2011-2013	Modelado predictivo de sistemas, análisis de decisiones.
Estudio de las oportunidades de conexión de Colombia a otros mercados regionales de gas usando un modelo agregado de mercado	Dirección Nacional de investigación UN	2008-2009	Modelado predictivo, análisis de decisiones, análisis de sistemas.
Competencia y congestión en mercados de gas natural beca	ISA	2009	Análisis de mercados, análisis de sistemas, toma de decisiones, modelado de sistemas.
Comparación de mecanismos de asignación de capacidad de transmisión en redes de interconexión energética	ISA	2011	Investigación de operaciones, modelado de sistemas.
Evaluación de efectos colaterales de la entrada del etanol de la caña de azúcar en el sector transporte en Colombia	DIME	2008	Análisis de decisiones, modelado predictivo.
Análisis de ciclos en mercados eléctricos desregulados con utilización de capacidad variable por medio de economía experimental y dinámica de sistemas	DIME	2008-2010	Economía experimental, dinámica de sistemas, modelado de sistemas.
Simulación de posibilidades de desarrollo regional sostenible impulsado por energías limpias	Centro de Complejidad Ceiba	2011	Modelado predictivo, simulación de sistemas, análisis de decisiones.
Análisis de mercados eléctricos en Asia y África: oferta, demanda y oportunidades para expansión de transmisión	ISA	2011	Finanzas computacionales, análisis de sistemas, modelado de sistemas, análisis de decisiones.
Diseño de ofertas de un generador hidroeléctrico a la bolsa de energía para el	DIME	2008-2010	Modelado predictivo, análisis de sistemas.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
mercado del día siguiente			
Efectos de la energía en la dinámica del desarrollo social en zonas aisladas	CEIBA	2012	Modelado predictivo, análisis de decisiones.
Proyecto para estudiar, hacer diagnósticos, analizar, simular y presentar políticas para mejoramientos de PYMES.	SENA- ASUEMPRESA- UN	2004	Análisis, modelado y simulación de sistemas; diseño de políticas.
Modelo de apoyo a la toma de decisiones en planificación y ordenamiento territorial para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	ÁREA METROPOLITA NA	2007	Modelado predictivo, análisis de sistemas, análisis de decisiones.
Evaluación de modelos de valoración de opciones energéticas para el mercado eléctrico colombiano-dime-aplazados 2005	DIME - APLAZADOS 2005	2008	Modelado, análisis de sistemas
Utilización de truncamiento inteligente de algoritmos exactos para resolver el problema de programación de tareas con recursos restringidos	DIME-MENOR CUANTÍA 2008	2008	Optimización, ingeniería de proyectos.
Modelado estadístico de series temporales no lineales usando redes neuronales artificiales.	DIME- MEDIANA CUANTIA 2007	2008	Modelado estadístico, series de tiempo.
Integración energética	ISA	2008	Modelado y análisis de sistemas.
Desarrollo de modelos de programación matemática fuzzy para la planificación de la producción en contextos de incertidumbre. Un caso aplicado a la industria automotriz"	CONVOCATORI A NACIONAL	2008	Modelado predictivo, análisis de sistemas, programación matemática, estrategia.
Modelo de agentes de software inteligentes para apoyar el descubrimiento de conocimiento en bases de datos	COLCIENCIAS	2009	Manejo y análisis de bases de datos.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Comparación entre técnicas de inteligencia computacional para la predicción de series de tiempo.	CONVOCATORIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN 2009 - MODALIDAD 2	2009	Inteligencia computacional, modelado predictivo, series de tiempo.
Modelo para asistir en la planeación de corto y mediano plazo del mercado mayorista de electricidad colombiano	ISA	2010	Modelado predictivo, análisis de sistemas, análisis de mercado, diseño de políticas.
Burbujas de demanda y órdenes fantasmas en cadenas de abastecimiento: una aproximación con experimentos de laboratorio	CONVOCATORIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN 2009 - MODALIDAD 2	2009	Análisis de sistemas, modelado de sistemas.
Metodología para el modelado y predicción del comportamiento de las barras de arena	COLCIENCIAS	2012	Modelado predictivo, análisis de sistemas.
Modelo del libre mercado del biodiesel y sus implicaciones en Colombia utilizando dinámica de sistemas	COLCIENCIAS	2012	Modelado de sistemas, dinámica de sistemas.
Efecto de la competencia mayorista en las cadenas de abastecimiento: análisis experimental y estadístico de las decisiones en red	COLCIENCIAS	2012	Modelado de sistemas, análisis de decisiones, modelado estadístico.
Implicaciones del régimen de comercio de derechos de emisión de la unión europea en el sector eléctrico utilizando dinámica de sistemas	COLCIENCIAS	2012	Análisis de sistemas, modelado de sistemas, análisis de políticas, dinámica de sistemas.
Desarrollo de metaheurísticos híbridos y métodos cooperativos para problemas de rutas de vehículos con flota heterogénea	COLCIENCIAS	2013	Optimización, modelado y análisis de sistemas, análisis de decisiones.

Proyecto	Financiador	Año	Líneas de investigación
Optimización del sistema de abastecimiento de una empresa	COLCIENCIAS	2013	Optimización, modelado y análisis de sistemas.
Evaluación de políticas para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica en Colombia	COLCIENCIAS	2013	Análisis de políticas, modelado y análisis de sistemas.
Estrategias de optimización para una empresa de generación hidroeléctrica en mercados de corto plazo	COLCIENCIAS	2013	Optimización, análisis y modelado de sistemas, análisis de políticas.

Tabla 5. Proyectos de investigación relacionados en el área de Analítica

3.5. Demanda Potencial

Los únicos programas de Maestría en el área de analítica en el país se encuentran en la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de los Andes en Bogotá y serían estas IES de carácter privado, las encargadas de suplir la necesidad de formación en la actualidad.

A nivel regional la demanda potencial radica en:

- Pregrados en ingeniería, economía, estadística y administración.
- Especialización en Analítica – Facultad de Minas.
- Especialización en Inteligencia de Negocios – UPB.
- Especialización en el área de estadística.
- Especializaciones en el área de sistemas.
- Maestrías en el área de sistemas y sistemas energéticos.
- Posgrados en el área de la administración y economía.

Profesionales que aspiren y/o ocupen cargos directivos, que encontrarían en el nuevo programa de Maestría en Ingeniería – Analítica la propuesta más idónea para darle continuidad a sus necesidades de formación en una institución pionera en el desarrollo nacional a partir de la capacitación de los líderes académicos e industriales del país como lo es la Universidad Nacional de Colombia.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA.

4.1. Denominación Académica.

Nombre del Programa	Maestría en Ingeniería - Analítica
Título que Otorga	Magíster en Ingeniería - Analítica
Periodicidad de Admisión	Semestral
Duración	4 períodos académicos
Modalidad	Presencial
Número de Créditos	52 créditos

Tabla 6. Denominación académica.

4.2. Objetivo General de Formación del Programa.

Formar investigadores y profesionales expertos en el desarrollo de productos de datos, en comprensión y manejo de las bases, en especificación correcta de problemas desde el lenguaje organizacional y de negocios, en el análisis de ambientes dinámicos de negocio, desarrollo e implementación de herramientas computacionales y en investigación y aplicación de metodologías de modelado predictivo y pronóstico; a través de la integración de conocimientos en computación, estadística, aprendizaje automático, simulación, optimización e inteligencia de negocios, para la solución de problemas de decisión en organizaciones y la creación de valor a partir de las fuentes de datos del negocio.

4.3. Perfil del Aspirante.

La Maestría en Ingeniería - Analítica de la Universidad Nacional de Colombia está dirigida a aquellas personas que tenga afinidad con las áreas de conocimiento del posgrado; específicamente a:

- Profesionales y especialistas que tengan título en ingeniería, matemáticas, estadística, economía, negocios o disciplinas afines.
- Profesionales y especialistas que desean investigar y profundizar en el área de conocimiento de temas avanzados de optimización, simulación, manejo de bases de datos, modelado estratégico y toma de decisiones, o que trabajen como consultores, gerentes o en áreas de investigación afines.

En casos en que los aspirantes no tengan título en ingeniería, matemáticas, estadística, economía o negocios, pero que sean profesionales en otras disciplinas, el Comité Asesor del Posgrado evaluará en forma particular las solicitudes de éstos, y podrá condicionar el ingreso

de tal forma que se garanticen los conocimientos básicos requeridos para cursar el programa de Maestría sin dificultades.

4.4. Perfil de Egreso de cada Plan de Estudios.

El egresado de la Maestría en Ingeniería - Analítica en investigación o profundización, será un experto en el desarrollo de productos de datos, como dashboards, documentos autocalculables y sistemas de información a través de una profunda y sólida formación en estadística, programación e inteligencia computacional e investigación de operaciones, la cual se refleja en habilidades y destrezas para el manejo y análisis de datos, el modelado y el manejo de bases de datos complejas, con el fin de realizar el proceso de análisis y toma de decisiones estratégicas de la organización.

20

- La comprensión y manejo de las bases de datos con las que se cuenta en el entorno organizacional con el fin de utilizarlas como herramientas de soporte estratégico en la toma de decisiones empresariales y el pronóstico.
- La especificación correcta de problemas desde el lenguaje organizacional y de negocios que le permita realizar análisis matemático relevante.
- Análisis de ambientes dinámicos de negocio; mediante el empleo de modelos de dinámica organizacional, la aplicación de principios de sistemas, economía, estadística e ingeniería, la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión, con el fin de facilitar el entendimiento de las dinámicas de negocio y su comportamiento en el mediano y largo plazo.
- Desarrollo e implementación de herramientas computacionales para apoyar la toma de decisiones acordes con la complejidad en la gestión de operaciones de negocio y los objetivos estratégicos de la organización.
- Investigación y aplicación de metodologías de modelado predictivo y pronóstico que permitan anticipar los resultados de las acciones bajo condiciones de incertidumbre, con el fin de interpretar y predecir las dinámicas para la prospectiva en la toma de decisiones gerenciales.

Todo esto fundamentado en el programa curricular propuesto para la Maestría.

4.5. Plan de Estudios.

4.5.1. Objetivos Específicos de cada Plan de Estudios.

4.5.1.1. Plan de Estudios de Profundización.

- Formar expertos éticos con conocimientos y habilidades en el manejo y administración de datos, el uso de herramientas metodológicas de soporte y la aplicación de estas competencias, en el proceso de toma de decisiones organizacionales.
- Fortalecer el vínculo entre la Universidad Nacional de Colombia y el entorno a través de la aplicación del análisis y procesamiento de grandes conjuntos de datos como soporte del proceso de toma de decisiones organizacionales que brinden soluciones de región, país y con trascendencia mundial.

4.5.1.2. Plan de Estudios de Investigación.

- Desarrollar nuevos conocimientos para la solución de problemas organizacionales por medio de la investigación e identificación de estrategias producto del tratamiento de bases de datos complejas, la aplicación de herramientas de modelación y gestión y la transformación de la información en conocimiento productivo.
- Formar investigadores con capacidad de emplear el método científico en la extracción de información estratégica de grandes bases de datos y transformarlo en conocimiento de utilidad para las decisiones gerenciales.

4.5.2. Estructura Curricular.

Un plan de estudios es un conjunto de actividades académicas, organizadas mediante asignaturas reunidas en componentes de formación que un estudiante debe cursar para alcanzar los propósitos de formación de un programa curricular. La estructura curricular y los planes de estudio de la Maestría en Ingeniería - Analítica serán coherentes con lo establecido en el Acuerdo Número 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, “Por el cual se establecen los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de sus programas curriculares”.

Siguiendo los lineamientos del Acuerdo CSU 033 de 2007, el programa curricular de la Maestría en Ingeniería - Analítica ofrecerá planes de estudio de Maestría de Profundización y Maestría de Investigación los cuales son presentados a continuación:

MAESTRÍA EN PROFUNDIZACIÓN

Estructura	Créditos
Trabajo final	10
Propuesta de trabajo final	6
Seminario de Investigación	4
Subtotal	20
Asignaturas elegibles	32

Total Créditos	52
-----------------------	-----------

Tabla 7. Estructura Curricular – Maestría de Profundización

ASIGNATURA	Créditos
Primer Semestre	
Asignatura Elegible I	4
Asignatura Elegible II	4
Asignatura Elegible III	4
Seminario de Investigación I	4
Segundo Semestre	
Asignatura Elegible IV	4
Asignatura Elegible V	4
Propuesta de Trabajo Final	4
Asignatura Elegible VI	4
Tercer Semestre	
Asignatura Elegible VII	4
Asignatura Elegible VIII	4
Cuarto Semestre	
Trabajo Final	10
TOTAL CRÉDITOS	52

Tabla 8. Plan de Estudios – Maestría de Profundización

4.5.3. Actividades Académicas – Maestría en Profundización.

4.5.3.1. Seminario de Investigación I

En este seminario se abordan los aspectos conceptuales y filosóficos de la investigación como el método científico y las diferencias entre ciencia, tecnología y ciencia; así como también aspectos prácticos como la planificación de la investigación, la recolección de información, la preparación de la propuesta de trabajo final de maestría, las presentaciones orales y la escritura técnica y científica.

4.5.3.2. Propuesta de Trabajo Final de Maestría

En esta Actividad Académica el estudiante prepara y presenta su propuesta de Trabajo Final de Maestría. Esta asignatura es orientada y calificada por el profesor tutor asignado al estudiante por el Consejo de Facultad.

4.5.3.3. Trabajo Final de Maestría

Es un trabajo en que el autor hace evidentes los conocimientos y habilidades adquiridas durante su proceso de formación, así como la capacidad para aplicarlos y resolver problemas concretos de su disciplina. Está actividad académica tendrá como prerrequisito la Propuesta de Trabajo Final de Maestría.

MAESTRÍA EN INVESTIGACIÓN

Estructura	Créditos
Tesis	22
Proyecto de Tesis	4
Seminario de Investigación	6
Subtotal	32
Asignaturas elegibles	20
Total Créditos	52

Tabla 9. Estructura Curricular – Maestría en Investigación

ASIGNATURA	Créditos
Primer Semestre	
Asignatura Elegible I	4
Asignatura Elegible II	4
Asignatura Elegible III	4
Seminario de Investigación I	4
Segundo Semestre	
Asignatura Elegible IV	4
Asignatura Elegible V	4
Proyecto de Tesis	4
Tercer Semestre	
Tesis	
Seminario de Investigación II	2
Cuarto Semestre	
Tesis	22
TOTAL CRÉDITOS	52

Tabla 10. Plan de Estudios – Maestría en Investigación

4.5.4. Actividades Académicas – Maestría en Investigación

4.5.4.1. Seminario de Investigación I

En este seminario se abordan los aspectos conceptuales y filosóficos de la investigación como el método científico y las diferencias entre ciencia, tecnología y ciencia; así como también aspectos prácticos como la planificación de la investigación, la recolección de información, la preparación de la propuesta de trabajo final de maestría, las presentaciones orales y la escritura técnica y científica.

4.5.4.2. Seminario de Investigación II

El objetivo de este seminario es realizar un acompañamiento y orientación del estudiante en el desarrollo de su proyecto de tesis de maestría por parte de un grupo de docentes del área. Esta actividad académica tendrá como prerrequisito el Seminario de Investigación I.

4.5.4.3. Proyecto de Tesis de Maestría

En esta actividad académica el estudiante prepara y presenta su proyecto de tesis de maestría. Esta actividad académica es orientada y calificada por el profesor tutor asignado al estudiante por el Consejo de Facultad.

4.5.4.4. Tesis de Maestría

Es un trabajo individual orientado a que el estudiante demuestre la adquisición de habilidades y conocimientos que le permitan formular y solucionar problemas disciplinarios, interdisciplinarios o profesionales, mediante la argumentación académica, el manejo de instrumentos y los procesos de investigación y de creación. Esta actividad académica tendrá como prerrequisito el Proyecto de Tesis.

La Maestría tiene un ciclo de asignaturas con las cuales se establecen los conocimientos relevantes en el área en la que se enmarca, estas asignaturas son elegibles y depende de cada estudiante (con asesoría del docente tutor) decidir en cuales temas desea profundizar de acuerdo a sus intereses e inquietudes académicas. A continuación se presentan en la Tabla 11 las asignaturas elegibles que conforman los planes de estudio de la maestría propuesta.

Asignaturas Elegibles
Análisis de Decisiones
Aprendizaje de Máquinas para Datos Masivos
Aprendizaje Estadístico
Calidad de Software
Ciencias de los Datos Aplicada
Decisiones bajo Incertidumbre en las Organizaciones
Gestión del Conocimiento y Bodegas de Datos
Inteligencia Colectiva y Analítica de Redes sociales

Asignaturas Elegibles
Inteligencia de Negocios
Métodos Analíticos de Optimización y Simulación
Modelado Predictivo y Series de Tiempo
Optimización Avanzada
Simulación Avanzada
Sistemas de Bases de Datos Masivos

Tabla 11. Asignaturas Elegibles

El estudiante debe cumplir con los créditos correspondientes a las asignaturas elegibles, las cuales son seleccionadas libremente según sus necesidades y sugerencia del tutor.

4.6. Articulación entre los Distintos Niveles de Formación.

Conforme a lo estipulado en el Artículo 21 del Acuerdo 033 de 2007 del CSU, la propuesta de creación de la Maestría en Ingeniería – Analítica propende por que el tránsito de los estudiantes entre los distintos niveles de formación sea coherente y que los ciclos de formación que, en menor tiempo del estipulado, permitan la obtención de los títulos consecutivos correspondientes.

En este sentido la Maestría en Ingeniería - Analítica tendrá como propósito cautivar a los estudiantes y egresados, para continuar su formación avanzada en áreas relacionadas, que conduzcan a la generación de conocimiento (Doctorado).

4.7. Requisito de Grado.

Según lo estipulado en el Acuerdo 008 de 2008 del Consejo Superior Universitario, son requisitos para obtener un título de la Universidad Nacional de Colombia los siguientes:

- a. Haber aprobado el mínimo de créditos contemplados por el programa curricular de acuerdo con el plan de estudios.
- b. Haber cumplido con todos los requisitos académicos adicionales y administrativos de la Universidad, de acuerdo con reglamentación emanada por el Consejo Académico para tal fin.

5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

En concordancia con las ideas presentadas anteriormente, el nuevo programa académico de Maestría en Ingeniería - Analítica se enfocaría en las siguientes líneas de investigación:



Los grupos de investigación y las asignaturas elegibles que apoyarían la Maestría propuesta, se relacionan según las líneas de investigación en la Tabla 12.

Línea de Investigación	Asignaturas Elegibles	Grupo de Investigación
Inteligencia de Negocios	-Inteligencia de Negocios -Inteligencia Colectiva y Analítica de Redes sociales	-Big Data y Data Analytics
Análisis de Decisiones Complejas basadas en Simulación y Optimización	-Análisis de Decisiones - Decisiones bajo Incertidumbre en las Organizaciones - Optimización Avanzada - Simulación Avanzada - Métodos Analíticos de Optimización y Simulación	-Ciencias de la Decisión -UNGIDO
Descubrimiento de Conocimiento y Minería de Datos	- Aprendizaje de Máquinas para Datos Masivo - Modelado Predictivo y Series de Tiempo - Aprendizaje Estadístico - Gestión del conocimiento y bodegas de datos	-Big Data y Data Analytics
Inteligencia Colectiva y Redes Sociales	-Ciencias de los Datos Aplicada -Calidad de Software	-Big Data y Data Analytics -Lenguajes Computacionales -Ingeniería del Software
Gestión de Bases de datos relacionales, NoSQL y Big Data	- Sistemas de Bases de Datos Masivos	-Big Data y Data Analytics -Lenguajes Computacionales -Ingeniería del Software

Tabla 12. Líneas de Investigación

6. ADMISIÓN.

Para el ingreso a la Maestría en Ingeniería - Analítica, el aspirante debe cumplir con el proceso de admisión de la Universidad y acatar los acuerdos y reglamentos establecidos por la Institución.

6.1. Punto de Equilibrio, Periodicidad de Admisión y Cupos.

Siguiendo el modelo y la experiencia obtenida en el desarrollo de los demás programas de maestrías adscritos a la Facultad de Minas se establece una periodicidad de admisión semestral y un cupo de quince (15) admitidos por cohorte.

6.2. Requisitos de Admisión.

- Poseer un título profesional que tenga afinidad con las áreas del posgrado, otorgado por una Universidad colombiana o su equivalente si provienen de una Universidad extranjera.
- Estar en condiciones de dedicarse tiempo completo a las actividades del programa de posgrado.
- Los aspirantes deben cumplir con los requisitos de inscripción de la Universidad Nacional de Colombia y obtener en el proceso de admisión un puntaje mínimo global de 3.5.
- El número final de estudiantes admitidos dependerá del cupo máximo de estudiantes definidos por el Comité Asesor de cada programa de posgrado y aprobado por el Consejo de la Facultad de Minas.

6.3. Criterios de Admisión.

La Universidad Nacional de Colombia, como principal institución de educación superior del país, mediante un proceso objetivo de admisión, enmarcado en sólidos principios de equidad, transparencia y calidad, selecciona a los mejores profesionales del país para ser los futuros estudiantes de la Institución en sus programas curriculares de posgrado, en estricto cumplimiento de los requisitos específicos de cada programa curricular y teniendo como criterio exclusivo de ingreso la presentación y aprobación de las pruebas programadas y coordinadas por la Dirección Nacional de Admisiones, en colaboración con los respectivos Programas.

Para el programa de Maestría en Ingeniería – Analítica, a continuación se presentan los Requisitos y Criterios de Admisión, reglamentados en el Acuerdo 08 de 2015 de la Facultad de Minas:

Componente	Valor ponderado	Descripción	Prueba eliminatoria	Puntaje mínimo
------------	-----------------	-------------	---------------------	----------------

Conocimientos	10	Propuesta de Trabajo	Si	3.5
Hoja de vida	30	A criterio del Comité Asesor respectivo.	Si	3.0
Entrevista	30	Entrevista.	Si	3.5
Prueba de Aptitudes Académicas	30	Comprensión de textos, Análisis gráfico, lógico y matemático.	No	-

Tabla 13. Criterios de admisión

El puntaje mínimo total para ingresar al programa será de 3.5.

7. ANÁLISIS DE RECURSOS.

7.1. Recursos Humanos.

7.1.1. Recursos Docentes.

Nombre	Nivel Académico	Dedicación
Albeiro Espinosa Bedoya	Doctorado	Tiempo Completo
Carlos Jaime Franco Cardona	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Carlos Mario Zapata Jaramillo	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Claudia Stella Jiménez Ramírez	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Demetrio Arturo Ovalle Carranza	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Fernando Arango Isaza	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Francisco Javier Díaz Serna	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Francisco Javier Moreno Arboleda	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Gabriel Alberto Awad Aubad	Maestría	Dedicac. Exclusiva
Gloria Lucia Giraldo Gómez	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Gloria Patricia Jaramillo Álvarez	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Guillermo González Calderón	Maestría	Catedra 0,3
Gustavo Adolfo Pérez Zapata	Maestría	Catedra 0,4
Jaime Alberto Guzmán Luna	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
John Willian Branch Bedoya	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Jovani Alberto Jiménez Builes	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Juan David Velásquez Henao	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Julián Moreno Cadavid	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Luis Fernando Moreno Velásquez	Maestría	Dedicac. Exclusiva
Santiago Arango Aramburo	Doctorado	Dedicac. Exclusiva
Yris Olaya Morales	Doctorado	Dedicac. Exclusiva

Tabla 14. Recurso docente asociado al programa curricular

7.1.2. Recursos Administrativos.

El Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática que sería la encargada de la administración del nuevo programa curricular de Maestría en Ingeniería – Analítica, cuenta con un Director y una Asistente; mientras que el Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión cuenta con una secretaria y una asistente administrativa. El recurso humano disponible prestaría adecuadamente el soporte al programa propuesto.

7.2. Recursos Físicos.

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

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

La Sede dispone de 5.505.935 m² en predios, y un área construida de 128.970,64 m², repartidos en los núcleos urbanos, centros y parcelas rurales propios de la Institución al 2014. En la Tabla 15 se presenta el área de predios y área total construida en los Núcleos Urbanos y Centros y Parcelas Rurales:

IDENTIFICACIÓN	Área del Predio en M ²	Área Construida M ²
Núcleo del Río Mat. 297361	31.758,00	7.385,06
Cerro el Volador Mat. 50011	269.257,00	268,07
Núcleo del Volador Mat. 11731	274.563,00	76.562,95
Núcleo Robledo Mat. 01N-5171933	72.019,68	23.891,23
Ingeominas (Resolución 180122)	29.602,22	7.282,02
Escuela y Guardería (Barrio Robledo Palenque) Esc. No 1101	5.011,00	749,82
Subtotal Urbano (Medellín)	682.210,90	116.139,15
Centro Paysandú (corregimiento de Santa Elena)	1.393.367,00	2.257,85
Centro San Pablo (Rionegro) Esc. No 3649	274.683,18	4.929,01
Centro Piedras Blancas (Vereda Santa Elena) Esc No 4841	38.400,00	2.794,08
Centro Cotové (Santafé de Antioquia) Esc. No 4345	1.143.350,00	2.658,96
Parcela La Esperanza (San Jerónimo) Resol.969	509.547,00	
Parcela Corralitos (San Jerónimo) Resol.969	1.348.400,00	102,55
Parcela Santa Rita (Venecia) Resol. 969	115.405,00	60,00

IDENTIFICACIÓN	Área del Predio en M ²	Área Construida M ²
Parcela Montealvernia (San Cristóbal)	572,00	29,04
Subtotal Rural	4.823.724,18	12.831,49
Área total	5.505.935,08	128.970,64

Fuente: Sección de Planeación Física, Oficina de Planeación

Tabla 15. Área de predios y área total construida en los Núcleos Urbanos, Centros y Parcelas Rurales a 2014

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

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

Con relación a los espacios disponibles en la Facultad de Minas, en la Tabla 16 se muestran los indicadores de infraestructura del Núcleo el Volador. Como se puede observar, la Facultad cuenta con 45 aulas de las cuales puede hacer uso el programa curricular. De igual forma, cuenta con un total de 19 bloques, un aula TIC, 11 áreas de estudio, 3 auditorios, entre otros.

Descripción	Total	Descripción	Total
Bloques	19	Sala de Informática	13
Aulas	45	Oficinas	299
Aula TIC's	1	Aulas de Laboratorios	80
Área de Estudio	11	Gimnasio	1
Cafeterías	2	Otros (Baños, cafetines, entre otros)	293
Auditorios	3	Área construida (m2)	23.891,23
Museos	1	Área del predio (m2)	72.019,68

Fuente: Oficina de Planeación Física

Tabla 16. Indicadores de Infraestructura en el Núcleo de Robledo

Cabe destacar que la Oficina de Planeación Física y la Facultad, han formulado proyectos para mejorar y restaurar la infraestructura física de la Facultad de Minas, que pueden ser consultados en los Boletines de la Oficina de Planeación Física y el Plan de Acción de la Facultad. Como ejemplo se resalta la adecuación de los salones del Bloque M3, en especial diseñar espacios propios para estudiantes de Posgrado y el mejoramiento de las salas de cómputo del Bloque M2 y del M7. Además, la Dirección del Área Curricular invierte recursos para mejorar la infraestructura física de salas de cómputo, de igual forma se estudian las necesidades de los estudiantes del programa curricular para financiar software especializado, trabajos de campo y otros equipos.

7.3. Recursos Bibliográficos.

Las bibliotecas de la Sede Medellín ubicadas en el núcleo el volador y la Facultad de Minas, están dotadas de aproximadamente 300 títulos correspondientes a las áreas de análisis y minería de datos, modelado, gerencia de proyectos, finanzas, toma de decisiones y pronóstico. Adicionalmente, la suscripción de la Universidad a bases de datos especializadas en línea permite brindar un apoyo en la formación de los alumnos de la Especialización en Analítica, la biblioteca tiene un total de 83 bases de datos de las cuales 23 son afines a ingeniería donde se puede acceder a bases de datos referenciales y textos completos de publicaciones académicas internacionales, en todas las áreas del conocimiento.

Así, el programa de especialización tiene a disposición información proveniente de convenios de la Universidad con entidades nacionales e internacionales como libros, revistas y publicaciones disponibles en las bibliotecas de las diferentes Facultades, en especial de la Facultad de Minas, de la Facultad de Ciencias y de la Biblioteca Central.

Por último, el Sistema Nacional de Bibliotecas, SINAB, permite la visibilidad de la producción académica y científica en la Librería Digital de la Universidad Nacional de Colombia y brinda el servicio de publicaciones electrónicas de libros y demás documentos elaborados por los profesores, tesis y trabajos de grado de los estudiantes. También se ofrece asesoría y capacitación en el manejo de las herramientas tecnológicas en línea.

8. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA.

La Facultad de Minas está alineada con las metas institucionales de la Universidad que apuntan a la constitución de una Institución de Educación Superior de altísima calidad y siempre orientada hacia el estudiante. Para ello la Maestría en Ingeniería - Analítica, hará un seguimiento y evaluación continua por medio de:

- Indicadores Generales de Seguimiento. (Establecidos por el Comité de Posgrado): Permitirán monitorear y medir el avance (seguimiento que se adelantará anualmente por parte del Comité Asesor).
- Seguimiento al Programa de Maestría en Ingeniería - Analítica. A partir de los procesos de autoevaluación se podrá realizar un proceso continuo y crítico de los avances de los estudiantes y del programa.

9. REFERENCIAS.

- Área Curricular de Ingeniería de Sistemas e Informática. (8 de 10 de 2014). *Propuesta para la Creación de la Especialización en Analítica*. Medellín.
- Computerworld Colombia. (2015). *Computerworld colombia*. Recuperado el 02 de 06 de 2016, de Computerworld colombia: <http://computerworld.co/analitica-el-sentido-del-big-data/>
- Delgado, A. (19 de Abril de 2015). *Tecnología Vanguardia.com*. Recuperado el 1 de Junio de 2016, de Tecnología Vanguardia.com: <http://www.vanguardia.com/mundo/tecnologia/308034-colombia-uno-de-los-paises-que-mas-cientificos-de-datos-tendra>
- España, Universia. (13 de 05 de 2014). *Universia España*. Recuperado el 7 de Junio de 2016, de Universia España: <http://noticias.universia.es/actualidad/noticia/2014/05/13/1096526/big-data-generara-4-4-millones-empleos-mundo.html>
- LaNación.cl. (22 de 03 de 2016). *mba & educación ejecutiva*. Recuperado el 8 de 06 de 2016, de mba & educación ejecutiva: <http://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/cientifico-de-datos-el-profesional-mas-demandado-en-los-proximos-anos>
- Maroto, C. (2015). *BIG DATA Aquí y ahora 2015. Situación mundial y foco en el mercado de Colombia*. Barcelona: OBS Business School.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (s.f.). MINTIC. Recuperado el 03 de Junio de 2016, de MINTIC: <http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/w3-propertyvalue-6204.html>
- Planeación, D. N. (2015). *Departamento Nacional de Planeación*. Recuperado el 30 de 05 de 2016, de Departamento Nacional de Planeación: <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Que-es-el-Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>
- Portafolio. (28 de Julio de 2015). *Portafolio*. Recuperado el 02 de Junio de 2016, de <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/colombia-sera-sede-convencion-analitica-25498>
- TECNÓSFERA. (15 de Marzo de 2016). *EL TIEMPO*. Recuperado el 8 de Junio de 2016, de EL TIEMPO: <http://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/asi-avanza-el-big-data-en-colombia/16537461>

10. ANEXOS.

1. Formato Creación Maestría en Ingeniería – Analítica.
2. Formato Hoja de Vida Docentes.
3. Formato Punto de Equilibrio.
4. Aval Oficina Planeación y Estadística.
5. Aval Comité Asesor.
6. Aval Consejo de Facultad.
7. Avaes Externos.
8. Consentimiento de Participación Docente.