

GESTIÓN DE PROYECTOS DE I+D+I EN SISTEMAS DE MONITOREO

ÓSCAR MAURICIO BENAVIDES APOLINAR

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
ÁREA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2012

GESTIÓN DE PROYECTOS DE I+D+I EN SISTEMAS DE MONITOREO

ÓSCAR MAURICIO BENAVIDES APOLINAR

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería

Tutor

Prof. Dr. Ing. Leonel Francisco Castañeda Heredia

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
ÁREA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2012

A mis padres, principales motores y apoyo incondicional en esta empresa de esfuerzo y dedicación. A mis hermanos y cuñada, motivadores diarios para alcanzar este logro. A mis amigos, por comprender mi desaparición en épocas de estudio. A mi hermosa sobrina que no tiene ni idea quién es su Tío Mauro y al que viene en camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Profesor Leonel Francisco Castañeda por aportar su experiencia y su gran sentido crítico al desarrollo de este trabajo de grado.

A Jairo Francisco Gómez por su punto de vista distinto y siempre pertinente.

A César Murillo por su colaboración con el desarrollo de la página web.

A Melisa Ochoa Ruíz por su ayuda en la organización y el manejo de información.

Al Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI) por todo su apoyo, conocimiento y aportes a este estudio.

A la Universidad EAFIT, al Metro de Medellín Ltda. y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), por brindarme la oportunidad de culminar con éxito esta etapa de mi vida académica y profesional, enriqueciendo mi formación integral.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.1. OBJETO DE ESTUDIO	23
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	24
1.3. JUSTIFICACIÓN	25
2. OBJETIVOS	26
2.1. OBJETIVO GENERAL	26
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3. ESTADO DEL ARTE	27
3.1. ACTIVOS DE LOS PROCESOS DE LA ORGANIZACIÓN	27
3.2. ETAPAS DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS	28
3.2.1. Iniciación	29
3.2.2. Planificación	32
3.2.3. Ejecución	34
3.2.4. Seguimiento y control	35
3.2.5. Cierre	37
3.3. ÁREAS DE GESTIÓN DE UN PROYECTO	37
3.3.1. Integración	38
3.3.2. Alcance	39

3.3.3.	Tiempo	39
3.3.4.	Costos	41
3.3.5.	Calidad	42
3.3.6.	Recursos humanos	47
3.3.7.	Comunicaciones	48
3.3.8.	Riesgos	49
3.3.9.	Adquisiciones	50
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE UN PROCESO DE I+D+I	50
3.5.	INNOVACIÓN	52
4.	MÉTODO	56
5.	PRIMER VÉRTICE: LA IDEA	62
5.1.	EVOLUCIÓN DE LA IDEA	63
5.1.1.	Aportaciones de clientes	63
5.1.2.	Ideación	65
5.1.3.	Pensamiento visual	67
5.1.4.	Otras herramientas	68
5.2.	GENERACIÓN DEL MODELO DE PROYECTO	69
5.2.1.	Segmentos de mercado	70
5.2.2.	Propuesta de valor	71
5.2.3.	Canales	73
5.2.4.	Relaciones con clientes	74
5.2.5.	Fuentes de ingresos	75
5.2.6.	Recursos claves	77
5.2.7.	Actividades claves	78

5.2.8.	Asociaciones claves	79
5.2.9.	Estructura de costos	80
5.3.	MECANISMOS DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS DE I+D+i	81
5.3.1.	COLCIENCIAS	81
5.3.2.	SENA	84
5.3.3.	Otras fuentes	84
5.4.	TOMA DE DECISIÓN	85
6.	SEGUNDO VÉRTICE: LA PROPUESTA	90
6.1.	CREACIÓN	90
6.2.	PRESENTACIÓN	93
6.3.	EVALUACIÓN	95
6.4.	FORMALIZACIÓN	96
7.	TERCER VÉRTICE: EL PRODUCTO	99
7.1.	TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS	99
7.1.1.	Suprasistema	101
7.1.2.	Sistema	101
7.1.3.	Subsistema	101
7.1.4.	El artefacto como sistema	102
7.2.	INGENIERÍA DE SISTEMAS	103
7.3.	PROCESOS DE CREACIÓN DE SISTEMAS	104
7.3.1.	Definición de requerimientos	109
7.3.2.	Definición del plan de fabricación	111
7.3.3.	Definición del plan de pruebas y evaluación	112
7.3.4.	Definición de criterios de calidad	113

7.3.5.	Herramientas avanzadas de ingeniería	115
8.	CUARTO VÉRTICE: LA VALORACIÓN	116
8.1.	CLASIFICACIÓN	117
8.2.	CARACTERÍSTICAS	120
8.3.	JERARQUIZACIÓN	120
9.	QUINTO VÉRTICE: EL IMPACTO	127
9.1.	INDICADORES DE PAÍS	129
9.2.	INDICADORES EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	130
9.2.1.	Ranking de universidades	136
9.2.2.	Indicadores de la actividad investigadora	137
9.3.	INDICADORES A NIVEL EMPRESARIAL	138
9.4.	INDICADORES DE MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD	138
10.	CASO DE ESTUDIO: DIAGNO	140
10.1.	LA IDEA: OPORTUNIDAD QUE ORIGINÓ EL PROYECTO	140
10.2.	LA IDEA: MODELO DEL PROYECTO	142
10.2.1.	Segmento de mercado	142
10.2.2.	Propuesta de valor	142
10.2.3.	Canales	143
10.2.4.	Relaciones con el cliente	143
10.2.5.	Fuentes de ingreso	143
10.2.6.	Recursos clave	144
10.2.7.	Actividades clave	145
10.2.8.	Asociaciones clave	146
10.2.9.	Estructura de costos	147

10.3.	LA PROPUESTA	147
10.4.	EL PRODUCTO	148
10.5.	LA VALORACIÓN	152
10.6.	EL IMPACTO	156
	CONCLUSIONES	162
	RECOMENDACIONES	164
	BIBLIOGRAFÍA	166
	ANEXOS	170

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Componentes del acta de constitución del proyecto	32
Tabla 2. Modelo de plan de gestión de las comunicaciones	49
Tabla 3. Sólidos regulares o platónicos	59
Tabla 4. Características de los modelos de representación de conocimientos	67
Tabla 5. Escala para el análisis FODA	89
Tabla 6. Comparación entre proceso de Blanchard y Fabrycky y UNE-EN 50126	109
Tabla 7. Herramientas avanzadas de ingeniería	115
Tabla 8. Jerarquización de resultados de formación	121
Tabla 9. Jerarquización de resultados de divulgación	121
Tabla 10. Jerarquización de resultados de nuevo conocimiento	122
Tabla 11. Jerarquización de resultados de formación sugerida	123
Tabla 12. Jerarquización de resultados de divulgación sugerida	123
Tabla 13. Jerarquización de resultados de nuevo conocimiento sugerida	123
Tabla 14. Importancia dada la clasificación	125
Tabla 15. Cumplimiento de los objetivos del programa y coherencia con la Visión y Misión de la Universidad	130
Tabla 16. Estudiantes	130
Tabla 17. Características asociadas a los Profesores - Investigadores	131
Tabla 18. Procesos Académicos y Lineamientos Curriculares	132
Tabla 19. Investigación, generación de conocimiento y producción artística	132
Tabla 20. Articulación con el Entorno y Capacidad para Generar Procesos de Innovación	133

Tabla 21. Internacionalización, alianzas estratégicas e inserción en redes científicas globales	134
Tabla 22. Graduados y Análisis de Impacto	135
Tabla 23. Recursos Físicos y Gestión Administrativa y Financiera	135
Tabla 24. Distribución de costos por entidad	147
Tabla 25. Resultados de Fortalecimiento comunidad científica (Formación)	152
Tabla 26. Resultados de Apropiación social del conocimiento (Divulgación)	153
Tabla 27. Resultados de Generación de nuevo conocimiento	153
Tabla 28. Cumplimiento de los objetivos del programa y coherencia con la Visión y Misión de la Universidad caso DIAGNO	157
Tabla 29. Estudiantes caso DIAGNO	157
Tabla 30. Características asociadas a los Profesores – Investigadores caso DIAGNO	158
Tabla 31. Procesos Académicos y Lineamientos Curriculares caso DIAGNO	158
Tabla 32. Investigación, generación de conocimiento y producción artística caso DIAGNO	159
Tabla 33. Articulación con el Entorno y Capacidad para Generar Procesos de Innovación caso DIAGNO	160
Tabla 34. Internacionalización, alianzas estratégicas e inserción en redes científicas globales caso DIAGNO	160
Tabla 35. Graduados y Análisis de Impacto	160
Tabla 36. Recursos Físicos y Gestión Administrativa y Financiera	161
Tabla 37. Estructura del resumen ejecutivo	171
Tabla 38. Estructura del planteamiento del problema	172

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema de monitoreo genérico	24
Figura 2. Activos de los procesos de la organización	28
Figura 3. Etapas en la gestión de proyectos	29
Figura 4. Grupos de interesados de los proyectos	30
Figura 5. Áreas de gestión de un proyecto	38
Figura 6. Procesos en la gestión de la integración	38
Figura 7. Procesos en la gestión del alcance	39
Figura 8. Procesos en la gestión del tiempo	40
Figura 9. Procesos en la gestión de los costos	42
Figura 10. Procesos en la gestión de la calidad	42
Figura 11. Proceso para definir las acciones correctivas	46
Figura 12. Proceso para definir las acciones preventivas	46
Figura 13. Procedimientos para la motivación del personal	47
Figura 14. Procesos en la gestión de los recursos humanos	48
Figura 15. Procesos en la gestión de las comunicaciones	48
Figura 16. Procesos en la gestión de los riesgos	50
Figura 17. Procesos en la gestión de las adquisiciones	50
Figura 18. Instrumentos para realizar actividades de I+D+i	51
Figura 19. Barreras exógenas que afectan la innovación	54
Figura 20. Barreras endógenas que afectan la innovación	54
Figura 21. Maneras de superar las barreras exógenas que afectan la innovación	55
Figura 22. Maneras de superar las barreras endógenas que afectan la innovación	55

Figura 23. Método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i	56
Figura 24. Relación entre el método planteado y las etapas de la gestión del proyecto	58
Figura 25. El pentágono regular y el dodecaedro	60
Figura 26. La Idea	62
Figura 27. Mapa de empatía	64
Figura 28. Método para el proceso de ideación	66
Figura 29. Procesos que se mejoran por medio del pensamiento visual	68
Figura 30. Lienzo para la generación de modelos de proyecto	70
Figura 31. Segmentos de mercado	70
Figura 32. Propuesta de valor	71
Figura 33. Canales	73
Figura 34. Relaciones con clientes	74
Figura 35. Fuentes de ingresos	75
Figura 36. Recursos clave	77
Figura 37. Actividades claves	78
Figura 38. Asociaciones claves	79
Figura 39. Estructura de costos	80
Figura 40. Técnicas para la toma de decisiones	85
Figura 41. Áreas del entorno	87
Figura 42. Análisis FODA	88
Figura 43. La Propuesta	90
Figura 44. Elementos de una propuesta de I+D+i	92
Figura 45. Criterios de evaluación de las propuestas	93
Figura 46. Proceso de presentación de la propuesta	94
Figura 47. Proceso de evaluación de la propuesta	95
Figura 48. Proceso de formalización de la propuesta	96
Figura 49. El producto	99
Figura 50. Elementos principales de la Teoría General de Sistemas	100
Figura 51. El sistema representado como una caja negra	101

Figura 52. Subsistema y sus componentes	102
Figura 53. La máquina como sistema de transformación de energía	102
Figura 54. Dominios de los sistemas de ingeniería	103
Figura 55. Ciclo de vida del sistema	105
Figura 56. Proceso del ciclo de vida de un sistema de monitoreo (1/2)	107
Figura 57. Proceso del ciclo de vida de un sistema de monitoreo (2/2)	108
Figura 58. Triángulo del diseño conceptual	110
Figura 59. Requerimientos de diseño de los sistemas de ingeniería	111
Figura 60. Plan de fabricación	112
Figura 61. Plan de pruebas y aceptación	113
Figura 62. Características de calidad	114
Figura 63. La valoración	117
Figura 64. Clasificación de resultados (1/2)	118
Figura 65. Clasificación de resultados (2/2)	119
Figura 66. Representación gráfica de La Valoración de resultados	126
Figura 67. El Impacto	127
Figura 68. Clasificación de los impactos	128
Figura 69. Proceso de creación del sistema	151
Figura 70. Valoración de resultados DIAGNO	156

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Modelo para creación de propuestas de I+D+i	170
Anexo B. Modelo para la presentación de propuestas de I+D+i	181

## GLOSARIO

Contrato o convenio de I+D+i: Relación entre una organización que realiza actividades de I+D+i y una o más entidades externas, formalizada mediante cualquier instrumento legal para la realización de actividades de I+D+i en el que se especifican los objetivos, resultados esperados y su propiedad, y los aportes de cada una de las partes. Estos aportes pueden ser económicos (financiación total o parcial), o en especie, es decir, horas de trabajo, cesión de equipos, o cualquier otro sin intercambio económico directo (UNE 166000, 2006).

Desarrollo tecnológico: Aplicación de los resultados de la investigación, o de cualquier otro tipo de conocimiento científico, para la fabricación de nuevos materiales, productos, para el diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o de prestación de servicios, así como la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes (UNE 166000, 2006).

Entidad beneficiaria: Empresa o Institución que se beneficiará del resultado final y principal del proyecto de I+D+i.

Entidad ejecutora: Institución que se encarga de la ejecución del proyecto de I+D+i.

Entidad financiadora: Empresa o Institución que financiará el proyecto de I+D+i. Por lo general se trata del Estado Colombiano.

I+D+i: Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

Innovación: Introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un

nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o relaciones exteriores (OCDE y Eurostat, 2005).

Investigación industrial o aplicada: Investigación dirigida a adquirir nuevos conocimientos con vistas a explotarlos en el desarrollo de productos o procesos nuevos, o para suscitar mejoras importantes de productos o procesos existentes (UNE 166000, 2006).

Proyecto: Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Un proyecto se caracteriza por tener un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina porque sus objetivos no podrán ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que le dio origen (Project Management Institute Inc., 2008).

Previsión tecnológica: Detección de nuevas ideas que permiten guiar el desarrollo de productos y/o procesos futuros para una organización (UNE 166002, 2006).

Sistema de monitoreo: sistema que permite el registro, procesamiento y presentación de información y de datos para indicar el estado de una máquina, con el fin de identificar si alguno de sus componentes o ensambles se encuentra degradado o presenta un comportamiento anormal, lo cual puede llevar a una falla o afectar el correcto desempeño de una función dada (ISO 13372, 2004).

Transferencia de tecnología: Proceso de transmisión de la información científica, tecnológica, del conocimiento, de los medios y de los derechos de explotación, hacia terceras partes para la fabricación de un producto, el desarrollo de un proceso o la prestación de un servicio, contribuyendo al desarrollo de sus capacidades (UNE 166000, 2006).

Vigilancia tecnológica: Proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios(UNE 166000, 2006).

## RESUMEN

El trabajo “*Gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo*”, está enmarcado dentro del desarrollo del proyecto “*Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVisión-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda*” (Código COLCIENCIAS: 1216-502-26847. Contrato: CN-2010- 0252), desarrollado de manera conjunta entre la Universidad EAFIT y la empresa Metro de Medellín Ltda., con la cofinanciación del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), el cual propone el desarrollo de dos equipos para la evaluación automática de ruedas ferroviarias, por medio de tecnologías de visión artificial y mediciones de cargas dinámicas con el fin de obtener el perfil, los parámetros geométricos y la detección de defectos de las ruedas de los trenes.

El Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI) viene desde el año 2000 realizando proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo con empresas de gran relevancia a nivel nacional y local, con los que se ha adquirido una experiencia en el área de gestión de proyectos, que permite plantear un modelo de gestión basado en los resultados exitosos y las lecciones aprendidas.

Este trabajo estructura un modelo para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo, compuesto por cinco vértices que representan cada una de sus etapas: La Idea, La Propuesta, El Producto, La Valoración y El Impacto, presentándose, a través de un caso de estudio, como una guía y un acompañamiento para los directores y las personas involucradas con la gestión de proyectos de este tipo.

Palabras clave:

Gestión de proyectos, Investigación, Desarrollo, Innovación, Sistemas de Monitoreo.

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos de Investigación, desarrollo tecnológico e innovación son el componente fundamental de toda política científica y tecnológica, tanto a nivel empresarial como a nivel nacional. A nivel empresarial, los proyectos de I+D+i, contribuyen a situar las empresas y organismos que realizan este tipo de proyectos en una posición adecuada para afrontar los nuevos desafíos que surgen en un mercado cada vez más competitivo y globalizado. A nivel nacional, estos proyectos contribuyen a promover un planteamiento estratégico de la I+D+i en todos los sectores de la economía (UNE 166001, 2006).

Siendo los proyectos de I+D+i un mecanismo destacado para el desarrollo y el progreso de una entidad, un país y/o una región, se presenta un modelo para la gestión de proyectos de este tipo, compuesto por cinco vértices que representan cada una de sus etapas, partiendo de la generación de La Idea, la evolución de la misma hacia La Propuesta, su materialización (El Producto), La Valoración de los resultados obtenidos y El Impacto que generan. Este modelo se propone a partir de la experiencia de gestión, los resultados exitosos y las lecciones aprendidas de La Línea de Diagnóstico Técnico del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI), que desde el año 2000 ha venido realizando proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo con reconocidas empresas del ámbito local y nacional.

El trabajo propuesto presenta la siguiente estructura general:

- Los Capítulos 1 y 2 presenta las generalidades del trabajo: Planteamiento del problema y Objetivos.
- El Capítulo 3 hace una revisión del estado del arte donde se exponen las bases para la generación de proyectos, sus etapas y sus áreas de gestión.

- El Capítulo 4 explica la estructura del modelo propuesto para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo, compuesto por cinco vértices o etapas: La Idea, La Propuesta, El Producto, La Valoración y El Impacto.
- Los Capítulos del 5 al 9 detallan el proceso, las consideraciones y las herramientas a tener en cuenta en cada una de las etapas anteriormente mencionadas.
- El Capítulo 10 presenta la aplicación del método y las herramientas establecidas al proyecto “*Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVisión-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda*”, desarrollado de manera conjunta entre la Universidad EAFIT y la empresa Metro de Medellín Ltda., con la cofinanciación de COLCIENCIAS.
- Por último, se muestran las Conclusiones, las Recomendaciones y los Trabajos Futuros.

El autor, paralelo al desarrollo del presente trabajo de grado, logró la participación en el “*Congreso de Ingeniería Mecánica 30 años. Diseño y mantenimiento en Ingeniería*”, con la ponencia “*La Importancia de los sistemas de monitoreo en la economía de las empresas*”, junto con un artículo aceptado por el *International Journal of Vehicle Safety*, titulado “*Analysis of the procedure for suspension evaluation of civil armored vehicles: reliability and safety driving criteria*”, aportes directos a La Valoración del caso de estudio.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. OBJETO DE ESTUDIO

Un proyecto es definido como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, teniendo un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina porque sus objetivos no podrán ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que le dio origen (Project Management Institute Inc., 2008).

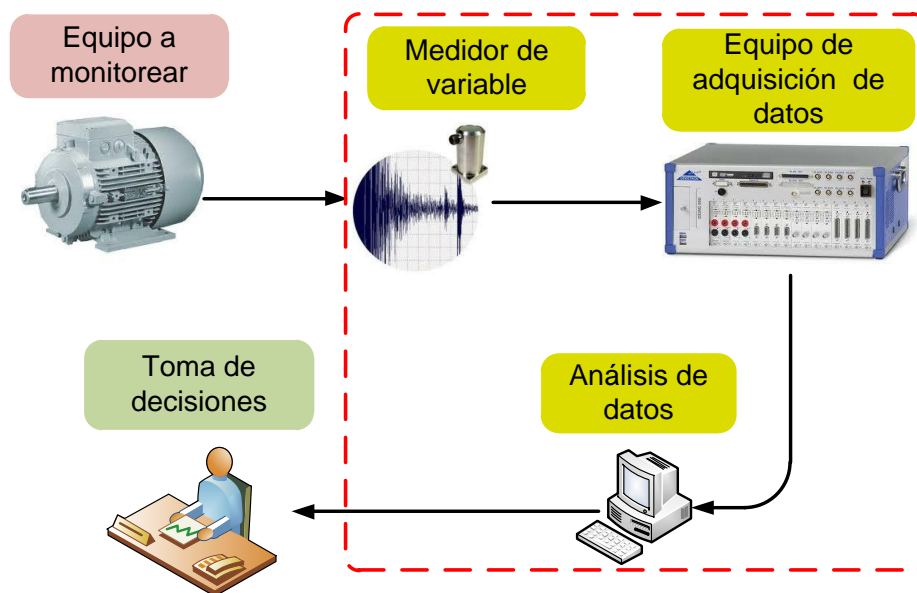
El tipo de proyectos de los cuales es objeto el presente estudio son los proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en sistemas de monitoreo, orientados a la solución de problemas empresariales, la transferencia de conocimiento para la modernización y la transformación de la industria manufacturera dentro del marco de la alianza Universidad - Empresa – Estado, buscando fortalecer el sector productivo nacional (COLCIENCIAS, 2011).

Con el fin de contextualizar más al lector, a continuación se explica qué es un sistema de monitoreo:

**Sistema de monitoreo:** sistema que permite el registro, procesamiento y presentación de información y de datos para indicar el estado de una máquina, con el fin de identificar si alguno de sus componentes o ensambles se encuentra degradado o presenta un comportamiento anormal, lo cual puede llevar a una falla o afectar el correcto desempeño de una función dada (ISO 13372, 2004). Los sistemas de monitoreo surgen como respuesta a las tendencias de mejora del mantenimiento tradicional de equipos industriales. Estos sistemas son capaces de realizar la evaluación técnica del estado de los componentes mecánicos del objeto, logrando de esta forma el aumento de la vida útil de sus partes, el uso

racional de los equipos y de las herramientas de mantenimiento, la detección a tiempo de fallas críticas en los sistemas, la disminución de paradas innecesarias de la máquina y la reducción de los costos en el mantenimiento (GEMI, 2010). La información que entrega el sistema es comparada con valores dados por un estándar o una norma que permitan diagnosticar si el equipo está en condiciones óptimas o si por el contrario su estado está deteriorado. La figura a continuación presenta la configuración típica de un sistema de monitoreo:

Figura 1. Sistema de monitoreo genérico



## 1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo gestionar proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo de manera exitosa?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

La Línea de Diagnóstico Técnico del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial viene desde el año 2000 realizando proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo con empresas de gran relevancia a nivel nacional y local como lo es el Metro de Medellín Ltda. y Empresas Públicas de Medellín. Inclusive ha desarrollado proyectos con pequeñas empresas locales como Moser SAS. Estos proyectos han tenido diversas fuentes de financiación, tanto públicas (COLCIENCIAS<sup>1</sup>, la Gobernación de Antioquia a través del Instituto para el Desarrollo de Antioquia (IDEA<sup>2</sup>)), como privadas (entidades beneficiarias de los proyectos). Durante los últimos 12 años se han realizado 10 proyectos cofinanciados de I+D+i en sistemas de monitoreo, con resultados satisfactorios de evaluación por parte de las entidades beneficiarias, con los que se ha adquirido una experiencia en el área de gestión de proyectos, que permite plantear un modelo de gestión basado en los resultados exitosos y las lecciones aprendidas.

Este proyecto estructura un método para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo, el cual puede ser escalable a cualquier desarrollo dentro del campo ingenieril y aplicable a las organizaciones que hacen parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)<sup>3</sup>, presentándose como una guía y un acompañamiento para los directores y las personas involucradas con la gestión de proyectos de este tipo.

---

<sup>1</sup> COLCIENCIAS: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, promueve las políticas públicas para fomentar la CT+I en Colombia (COLCIENCIAS, 2012).

<sup>2</sup> IDEA: Instituto para el Desarrollo de Antioquia, ente descentralizado para el apoyo de gestión y financiero a los proyectos de desarrollo de los municipios del departamento de Antioquia, Colombia (IDEA, 2011).

<sup>3</sup> Organizaciones del SNCTI: Centros y grupos de investigación particulares y de las Instituciones de Educación Superior, los centros de desarrollo tecnológico, los parques tecnológicos, los centros de productividad, las instituciones dedicadas a la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación, las entidades de gestión, administración y promoción del conocimiento, las incubadoras de empresas de base tecnológica y el desarrollo del talento humano, las academias y sociedades científicas, tecnológicas y de innovación, y las diferentes redes, iniciativas de organizaciones e individuos tendientes al fortalecimiento del sistema (Ley 1286, 2009).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un método para la gestión de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación en sistemas de monitoreo.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un marco referencial sobre las etapas y las áreas de gestión de un proyecto.
- Identificar herramientas que apoyen la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo en cada una de las etapas del método propuesto.
- Aplicar el método y las herramientas establecidas a un caso de estudio práctico.

#### **Alcance**

Este trabajo de grado está aplicado a proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo en el que se determina lo siguiente:

- Un método para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo.
- Un marco referencial de los procesos y áreas de gestión de un proyecto cualquiera que sea su clase.
- Herramientas de apoyo a la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo para cada una de las etapas del método propuesto.
- Un caso de estudio en el que se apliquen el método y las herramientas establecidas.

### 3. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte presentado en este estudio se basa en los libros de preparación para la certificación PMP® (*Project Management Professional*), emitida por el PMI® (*Project Management Institute*), que es considerada a nivel empresarial como la más importante credencial a los directores de proyectos, brindándole el reconocimiento global de que posee la experiencia, la educación y la competencia para liderar y dirigir proyectos (Project Management Institute Inc., 2012). También se incluyen dentro de este marco referencial las normas UNE 166000, UNE 166001 y UNE 166002, que hablan de la gestión de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación.

En resumen este capítulo expone las bases para la generación de proyectos, sus etapas y/o procesos genéricos y sus áreas de gestión. Además se incluyen las características de un proceso de I+D+i y un acercamiento al concepto de innovación y consideraciones para su éxito.

#### 3.1. ACTIVOS DE LOS PROCESOS DE LA ORGANIZACIÓN

Antes de iniciar un proyecto, su director o quien tenga la determinación de iniciar con su proceso de generación, debe tener presente los activos de los procesos de la organización, los cuales pueden influir en el éxito de su ejecución si se establecen en ellos las bases de su desarrollo. La siguiente figura muestra la agrupación de estos activos:

Figura 2. Activos de los procesos de la organización



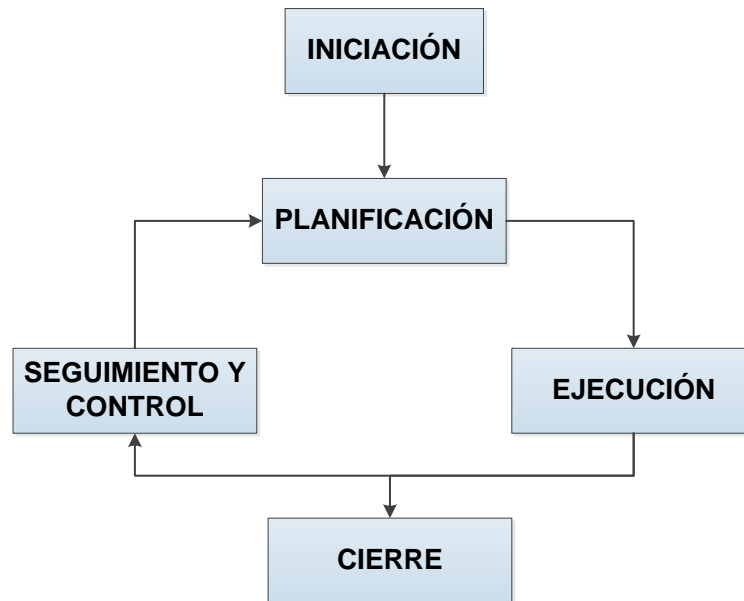
Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

- Procesos, Procedimientos y Políticas: se trata de las buenas prácticas de la organización que han sido probadas y evitan la improvisación y los reprocesos.
- Base de conocimiento corporativa: se conforma a partir de bases de datos que incluyan la información histórica de proyectos anteriores y las lecciones aprendidas a partir de experiencias previas.

### 3.2. ETAPAS DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

La gestión de un proyecto comprende las etapas presentadas en la siguiente figura:

Figura 3. Etapas en la gestión de proyectos



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

A continuación se proceden a explicar cada una de ellos:

### 3.2.1. Iniciación

La etapa de iniciación de un proyecto incluye dentro de sus actividades todas las relacionadas con la definición de un nuevo proyecto. A continuación se presenta una lista de las actividades que comúnmente lleva esta etapa (Project Management Institute Inc., 2008):

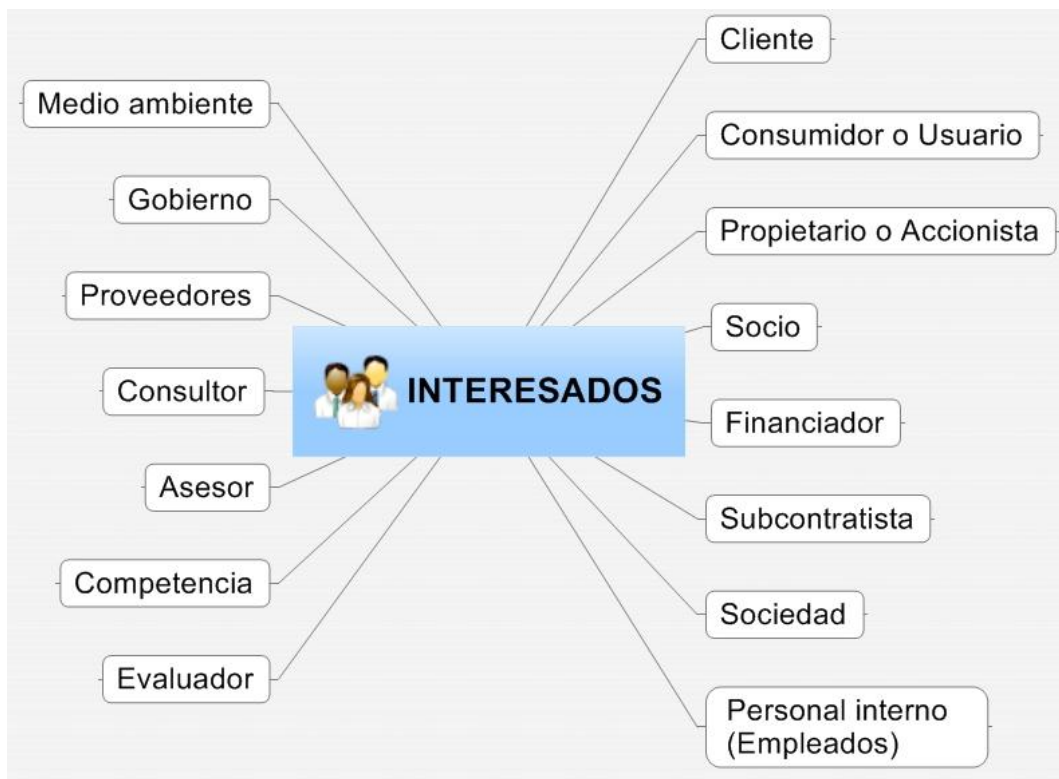
- Definir el alcance inicial.
- Establecer los recursos financieros requeridos inicialmente.
- Identificar los interesados internos y externos que ejercerán alguna influencia dentro del resultado global del proyecto.
- Seleccionar el director del proyecto, en caso de no estar nombrado aún.
- Generar el acta de constitución del proyecto y recibir su aprobación.

Se destacan principalmente entre las actividades anteriores la identificación de interesados y la creación del acta de constitución del proyecto. A continuación se describen con mayor detalle:

### A. Identificación de interesados

Cuando se habla de interesados se hace referencia a cualquier persona u organización cuyos intereses pueden verse afectados de manera positiva o negativa por la ejecución o conclusión del proyecto (Dharma Consulting, 2010). A continuación se presentan los grupos en los que comúnmente se clasifican los interesados de un proyecto:

Figura 4. Grupos de interesados de los proyectos



Fuente: Cuadro construido a partir de (UNE 166000, 2006) y (UNE 166002, 2006)

Es importante identificar todos los interesados al inicio del proyecto con el fin de evitar que en etapas más avanzadas aparezcan actores no identificados que puedan llegar a generar cambios en el alcance. Se debe documentar la información relativa a sus expectativas, participación e impacto en el éxito del proyecto (Project Management Institute Inc., 2008). Dicha información puede ser ordenada en una planilla de registro que incluya los siguientes aspectos(Dharma Consulting, 2010):

- a. Interesados
- b. Cargo
- c. Rol(es) en el proyecto
- d. Responsabilidades en el proyecto
- e. Departamento(s)/Supervisor
- f. Información de contacto
- g. Clasificación
- h. Expectativas principales
- i. Requerimientos importantes
- j. Impacto (1 a 5)
- k. Influencia (1 a 5)
- l. Actitud sobre el proyecto
- m. Observaciones

De acuerdo al anterior registro es posible clasificar a los interesados por su impacto o influencia, con lo cual se logra establecer y clasificar el tipo de información y de comunicación que se establecerá con ellos.

## **B. Acta de constitución del proyecto**

El acta de constitución de un proyecto es el registro formal de la existencia de un proyecto en el cual las partes involucradas expresan sus compromisos, responsabilidades y alcances(Dharma Consulting, 2010). Los componentes que

regularmente hacen parte de un acta de inicio son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Componentes del acta de constitución del proyecto

ÍTEM	COMPONENTE	CUESTIONAMIENTO QUE DEBE RESPONDER
1	Título y descripción del proyecto	¿Qué es el proyecto?
2	Director del proyecto asignado y nivel de autoridad	¿A quién se le da autoridad para dirigir el proyecto, y puede él o ella determinar, gestionar, y aprobar cambios al presupuesto, cronograma, personal, etc.?
3	Oportunidades de negocio	¿Por qué se está realizando el proyecto? ¿Sobre qué base financiera o de otro tipo se puede justificar el hacer este proyecto? (Describe el propósito y justificación del proyecto)
4	Recursos preasignados	¿Cuántos y qué recursos se proporcionarán?
5	Interesados	¿Quién afectará o será afectado por el proyecto, según se conoce hasta la fecha?
6	Requisitos de los interesados	¿Cuáles son los requisitos relacionados al alcance del proyecto y al alcance del producto?
7	Descripción del producto/entregables	¿Qué entregables de productos específicos se esperan, y cuál será el resultado final del proyecto?
8	Objetivos medibles del proyecto	¿Qué vincula al proyecto con las metas estratégicas de la organización? ¿Qué objetivos del proyecto soportan estas metas? (Los objetivos deben ser medibles y dependerán de la prioridad definida por las restricciones del proyecto)
9	Requisitos de aprobación del proyecto	¿Qué elementos deben ser aprobados para el proyecto, y quién lo firmará? ¿Qué designa el éxito?
10	Riesgos de alto nivel del proyecto	¿Cuáles son las amenazas y oportunidades potenciales para el proyecto?

Fuente: (Dharma Consulting, 2010)

### 3.2.2. Planificación

En la etapa de planificación de un proyecto se establece el alcance total del esfuerzo, se definen y refinan los objetivos y se desarrolla la línea de acción requerida para alcanzarlos. Durante esta etapa se desarrolla el plan para la dirección del proyecto y los documentos que se utilizarán para llevarlo a cabo, considerando a los interesados. La etapa de planificación está compuesta por las siguientes actividades (Project Management Institute Inc., 2008) y (Dharma Consulting, 2010):

- Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.
- Recopilar todos los requisitos de los interesados con el fin que más adelante no generen contratiempos, reprocesos y posibles fallas.
- Definir el alcance, describiendo uno a uno los entregables del proyecto y el trabajo requerido para completarlos.
- Crear una estructura de desglose de trabajo donde se subdividan los entregables del proyecto en componentes de menor nivel, de más fácil direccionamiento.
- Definir las actividades identificando las acciones específicas necesarias para alcanzar los entregables del proyecto.
- Secuenciar las actividades de manera que se detalle la relación entre unas y otras.
- Estimar los recursos de las actividades, definiendo el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para cada actividad.
- Estimar la duración de las actividades, teniendo presente los recursos estimados.
- Desarrollar el cronograma analizando el orden de las actividades, duración, recursos requeridos y restricciones.
- Estimar los costos del proyecto.
- Determinar el presupuesto
- Planificar la calidad identificando los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y sus resultados, junto con las métricas bajo las cuales se verificará la calidad.
- Desarrollar el plan de recursos humanos en el que se identifiquen los roles del personal del proyecto, las responsabilidades y las habilidades requeridas.
- Planificar las comunicaciones determinando las necesidades de información de los interesados en el proyecto y la manera cómo se les hará llegar.
- Planificar la gestión de riesgos donde se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para el proyecto.

- Planificar las adquisiciones (compras) identificando las fechas en que se requieran y los posibles proveedores.

### **3.2.3. Ejecución**

La etapa de ejecución consiste en completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto con el fin de cumplir con las especificaciones del mismo. Esta etapa está compuesta por las siguientes actividades (Project Management Institute Inc., 2008):

- Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto de acuerdo al plan de la dirección del proyecto.
- Realizar el aseguramiento de calidad auditando los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de medidas de control de calidad.
- Reclutar el equipo humano del proyecto.
- Desarrollar el equipo del proyecto mejorando sus competencias, su interacción entre miembros y el ambiente organizacional para lograr un mejor desempeño.
- Dirigir el equipo del proyecto monitoreando el desempeño de sus miembros, proporcionándoles retroalimentación, resolviendo los problemas y gestionando los cambios con el fin de optimizar el desempeño.
- Distribuir la información entre los interesados del proyecto de acuerdo al plan establecido.
- Gestionar las expectativas de los interesados, comunicarse con ellos y trabajar en conjunto para satisfacer sus necesidades y abordar los problemas.
- Efectuar las adquisiciones (compras).

Es importante tener presente que durante la ejecución de un proyecto, e inclusive durante sus demás etapas surgirán problemas que se deben afrontar oportuna y eficazmente. A continuación se presentan algunas técnicas para su solución (Dharma Consulting, 2010):

- a. Abstracción: Solucionar el problema en un modelo del sistema antes de aplicar la solución al sistema real.
- b. Analogía: Usar una solución que mostró ser efectiva en un problema análogo.
- c. Tormenta de ideas: Conformar un grupo de personas que sugieren un gran número de soluciones o ideas, las cuales se combinan y desarrollan hasta que se halla la mejor solución.
- d. Dividir y vencer: Descomponer un problema grande y complejo en problemas más pequeños y solucionables.
- e. Prueba de hipótesis: Asumir una posible explicación del problema y tratar de probar los supuestos para verificar que la explicación es correcta.
- f. Pensamiento lateral: Encontrar soluciones en forma indirecta y creativa.
- g. Análisis de medios y fines: Seleccionar una acción en cada paso para acercarse a la meta final.
- h. Método de objetos focales: Sintetizar en algo nuevo, características aparentemente no comunes de diferentes objetos.
- i. Análisis morfológico: Evaluar la salida y las interacciones de un sistema completo.
- j. Reducción: Transformar el problema en otro problema, para el cual ya existen soluciones.
- k. Investigación: Emplear ideas existentes o adaptar soluciones existentes a problemas similares.
- l. Análisis de causa raíz: Identificar y eliminar la causa del problema.
- m. Prueba y error: Probar posibles soluciones hasta que se encuentre la correcta.

#### **3.2.4. Seguimiento y control**

La etapa de seguimiento y control de un proyecto está compuesta por actividades de monitoreo, análisis y regulación de su progreso y su desempeño, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y realizarlos. Es importante establecer una base de inspecciones periódicas durante el desarrollo de esta

etapa, la cual está compuesta por las siguientes actividades (Project Management Institute Inc., 2008):

- Monitorear y controlar el trabajo del proyecto revisando, analizando y regulando el avance con el fin de cumplir con los objetivos. Este monitoreo implica la realización de informes de estado.
- Realizar el control integrado de cambios de acuerdo a las solicitudes de cambios aprobadas y gestionadas en los entregables, los activos de los procesos de la organización, los documentos del proyecto y el plan para la dirección del proyecto.
- Verificar el alcance formalizando la aceptación de los entregables del proyecto.
- Controlar el alcance por medio del monitoreo del estado del alcance del proyecto, gestionando los cambios en él.
- Controlar el cronograma monitoreando la situación del proyecto, actualizando su avance y gestionando los cambios en él.
- Controlar los costos actualizando el estado del presupuesto y gestionando los cambios en él.
- Realizar el control de calidad monitoreando y registrando los resultados de la ejecución de actividades de control de calidad con el fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios.
- Informar el desempeño recopilando y distribuyendo la información sobre el proyecto que incluye informes de estado, mediciones del avance y proyecciones.
- Monitorear y controlar los riesgos implementando planes de respuesta a los riesgos, haciendo seguimiento a los riesgos identificados y riesgos residuales, identificando nuevos riesgos y evaluando la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.
- Administrar las adquisiciones.

### **3.2.5. Cierre**

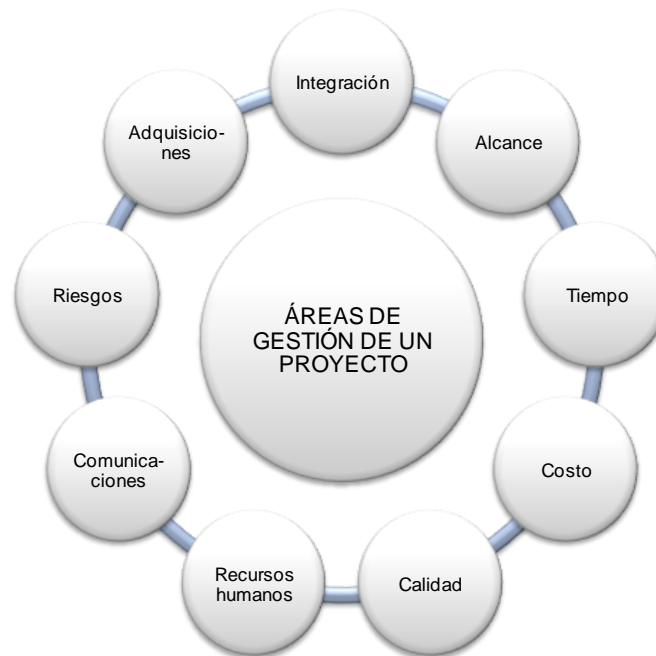
La etapa de cierre de un proyecto se compone de las actividades que lo finalizan formalmente o legalizan obligaciones contractuales. Esta etapa se compone de (Project Management Institute Inc., 2008) y (Dharma Consulting, 2010):

- Cerrar el proyecto o fase finalizando las actividades que lo (la) completan formalmente.
- Cerrar las adquisiciones.
- Evaluar la satisfacción del cliente.
- Confirmar que todos los requisitos del proyecto se hayan cumplido.
- Crear y distribuir un informe final del desempeño del proyecto.
- Obtener una aprobación formal (legal) y una aceptación final del producto del proyecto por parte del cliente.
- Indexar y archivar los registros del proyecto.
- Reunir las lecciones aprendidas finales.

### **3.3. ÁREAS DE GESTIÓN DE UN PROYECTO**

Las áreas de gestión de un proyecto son las áreas dentro de las cuales se desenvuelve el desarrollo de un proyecto. A continuación se presentan las nueve áreas de gestión, comúnmente conocidas como áreas de conocimiento de un proyecto (Project Management Institute Inc., 2008):

Figura 5. Áreas de gestión de un proyecto



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.1. Integración

La gestión de la integración del proyecto involucra los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar la dirección de proyectos dentro de sus áreas de gestión. A continuación se presenta esquemáticamente el proceso de gestión de la integración:

Figura 6. Procesos en la gestión de la integración



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.2. Alcance

La gestión del alcance agrupa los procesos necesarios para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido y solamente el trabajo requerido, dicho en otras palabras se trata de definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto (Dharma Consulting, 2010), (Project Management Institute Inc., 2008).

El alcance tiene dos enfoques: del producto y del proyecto (Project Management Institute Inc., 2008).

- a. Alcance del producto: Características y funciones que definen un producto, servicio o resultado.
- b. Alcance del proyecto: Trabajo que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las características y funciones especificadas.

Los procesos involucrados en la gestión del alcance son los presentados en la siguiente figura:

Figura 7. Procesos en la gestión del alcance

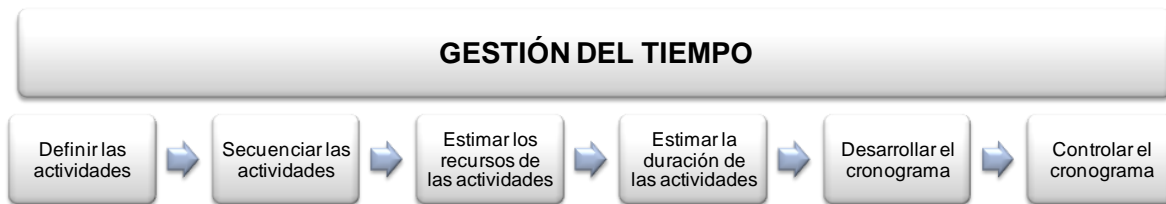


Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.3. Tiempo

La gestión del tiempo involucra las actividades y procesos para procurar la finalización del proyecto a tiempo. Estos procesos son presentados en la siguiente figura:

Figura 8. Procesos en la gestión del tiempo



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

El tiempo debe ser gestionado de manera que se pueda ejercer control consciente sobre la cantidad de tiempo gastado en actividades específicas, especialmente para incrementar la eficiencia o productividad. La gestión del tiempo puede ser facilitada por una gama de habilidades, herramientas y técnicas usadas para manejarlo cuando se ejecutan tareas específicas, proyectos o emprendimientos diversos. A continuación se enuncian y se explican brevemente una serie de técnicas que permiten la fijación de prioridades para lograr una adecuada gestión del tiempo (Dharma Consulting, 2010):

- a. Análisis ABC: Las actividades se clasifican en tres grupos:
  - A – Tareas urgentes e importantes.
  - B – Tareas importantes pero no urgentes.
  - C – Tareas no importantes ni urgentes.
- b. Análisis Pareto: El 80% de las tareas se puede completar con el 20% del tiempo disponible. El restante 20% de las tareas puede tomar el 80% del tiempo. De acuerdo a esto, se recomienda que a las tareas del primer grupo se les asigne la mayor prioridad.
- c. Método Eisenhower: Las tareas se clasifican en un cuadrante, que resulta de cruzar tareas urgentes y no urgentes con tareas importantes y no importantes.

Las tareas no importantes y no urgentes se dejan de lado. Las tareas importantes y urgentes se hacen inmediata y personalmente, las tareas no importantes y urgentes se delegan, las tareas importantes y no urgentes llegarán a una fecha tope y se convertirán en urgentes.

#### **3.3.4. Costos**

La gestión de los costos involucra las etapas de planificación, estimación, presupuesto y control para que el proyecto se complete dentro del presupuesto aprobado (Project Management Institute Inc., 2008). El presupuesto debe estar basado en las estimaciones de costos y gastos en la planificación del proyecto, siendo coherente con los requisitos del proyecto. Se debe presentar en un formato adecuado para su aceptación y su posterior control de cumplimiento en el que se especifique cómo y dónde se obtienen los recursos y cómo se asignan, así como las posibles limitaciones en la provisión de los mismos. Se debe establecer un mecanismo para identificar qué recursos son requeridos por el proyecto y cuándo se necesitan (UNE 166001, 2006).

También se deben identificar claramente respecto a todos los costos y gastos del proyecto, su distribución en el tiempo y su conexión con la estructura de desglose de tareas. Deben estar documentados y ser fácilmente trazables hasta su origen(UNE 166001, 2006). Se presentan a continuación los procesos que componen la gestión de los costos:

Figura 9. Procesos en la gestión de los costos



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.5. Calidad

La gestión de la calidad involucra la creación y seguimiento de las políticas y procedimientos para asegurar que un proyecto cumpla con las necesidades definidas previstas a cumplir desde la perspectiva del cliente (Dharma Consulting, 2010).

A continuación se detallan los distintos procesos que existen en un modelo de gestión de calidad con su respectiva explicación:

Figura 10. Procesos en la gestión de la calidad



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

## **A. Planificar la calidad**

La planificación de la calidad busca determinar qué es la calidad y cómo se puede asegurar, para ello se debe realizar lo siguiente (Dharma Consulting, 2010):

- Encontrar estándares y requerimientos de calidad existentes para los productos y para la gestión del proyecto.
- Crear estándares adicionales de proyectos específicos.
- Determinar qué trabajo se hará para cumplir estándares.
- Determinar cómo se medirá para asegurarse que se cumpla con los estándares.
- Equilibrar las necesidades de calidad con el alcance, costo, tiempo, riesgo, recursos y satisfacción del cliente.
- Crear un plan de gestión de calidad como parte del plan para la dirección del proyecto.

Como resultado de este proceso se podrán obtener las siguientes salidas (Dharma Consulting, 2010):

- Plan de gestión de calidad.
- Métricas de calidad.
- Listas de verificación (Checklist).
- Plan de mejora de procesos.
- Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto y documentos del proyecto.

## **B. Asegurar la calidad**

El aseguramiento de la calidad pretende establecer si los estándares sí se están siguiendo, para ello se busca (Dharma Consulting, 2010):

- Usar mediciones del control de calidad.
- Realizar mejora continua.
- Determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, procesos y procedimientos de la organización – Auditoría de calidad.
- Identificar las buenas prácticas.
- Compartir las buenas prácticas con otras áreas de la compañía.

Como resultado de este proceso se podrán obtener las siguientes salidas (Dharma Consulting, 2010):

- Solicitudes de cambio, incluidas las acciones correctivas y preventivas recomendadas, y la reparación de defectos.
- Estándares y procesos actualizados.
- Plan para la dirección del proyecto y documentos del proyecto actualizados.

### **C. Controlar la calidad**

El control de calidad busca determinar si los estándares sí se están cumpliendo, para ello debe (Dharma Consulting, 2010):

- Medir la calidad.
- Identificar las mejoras de calidad.
- Validar los entregables.
- Completar las listas de verificación.
- Actualizar las lecciones aprendidas.
- Enviar las solicitudes de cambio.
- Actualizar el plan de gestión del proyecto y los documentos del proyecto.

Entre las herramientas que contribuyen al control de calidad se pueden mencionar las siete herramientas básicas de calidad de Ishikawa (Dharma Consulting, 2010):

- a. Diagrama de causa y efecto.
- b. Diagrama de Flujo.
- c. Histograma.
- d. Diagrama de Pareto.
- e. Diagrama de comportamiento.
- f. Diagrama de dispersión.
- g. Diagrama de control.

Como resultado de este proceso se podrán obtener las siguientes salidas (Dharma Consulting, 2010):

- Mediciones.
- Cambios validados.
- Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto y documentos del proyecto.
- Solicitudes de cambio, incluidas las acciones correctivas y preventivas recomendadas, y reparaciones de defectos.
- Lecciones aprendidas.
- Entregables validados.

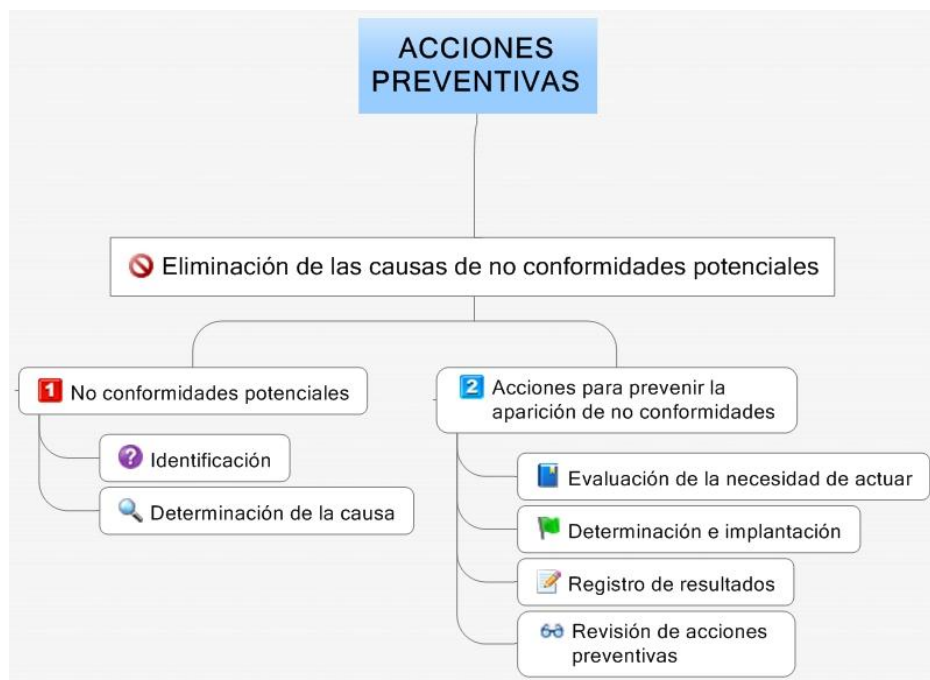
Para la mejora continua de la eficacia en la gestión de los proyectos de I+D+i es importante definir un proceso para eliminar las causas de las no conformidades (Acciones correctivas) y las no conformidades potenciales (Acciones preventivas). A continuación se esquematizan los procesos para ambos tipos de acciones:

Figura 11. Proceso para definir las acciones correctivas



Fuente: Cuadro construido a partir de (UNE 166002, 2006)

Figura 12. Proceso para definir las acciones preventivas



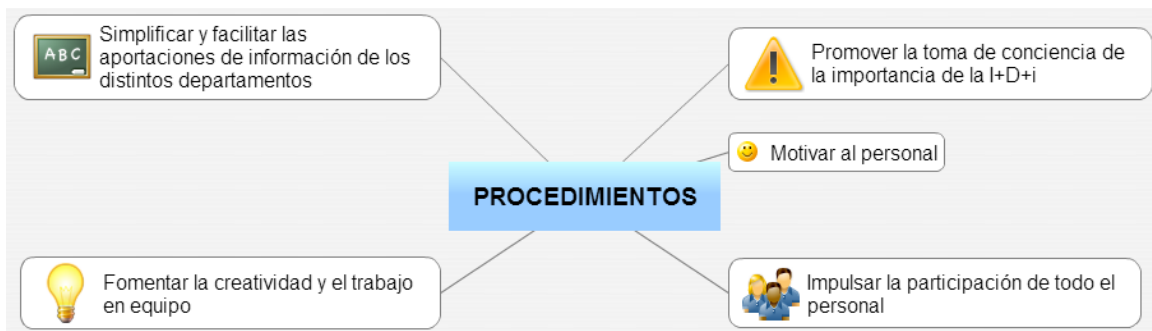
Fuente: Cuadro construido a partir de (UNE 166002, 2006)

### 3.3.6. Recursos humanos

La gestión de los recursos humanos involucra los procesos que organizan, gestionan y conducen el equipo del proyecto (Project Management Institute Inc., 2008). Se debe establecer la estructura organizativa del proyecto y la dependencia del responsable del proyecto dentro de la entidad ejecutora (p.e. organigrama). Se deben definir las aptitudes, en términos de formación inicial, conocimientos y experiencia, del personal que trabaja en el proyecto (UNE 166001, 2006).

El personal de la organización que realiza y gestiona actividades de I+D+i debe reunir los niveles de cualificación, formación, habilidades y experiencia profesional apropiados, que le califiquen como competente para las actividades que tenga asignadas. La clave del éxito de la I+D+i es la habilidad del personal para trabajar en equipo y su motivación para llegar a resultados (UNE 166002, 2006). Esta motivación se promueve a través del establecimiento de los procedimientos presentados en la figura a continuación:

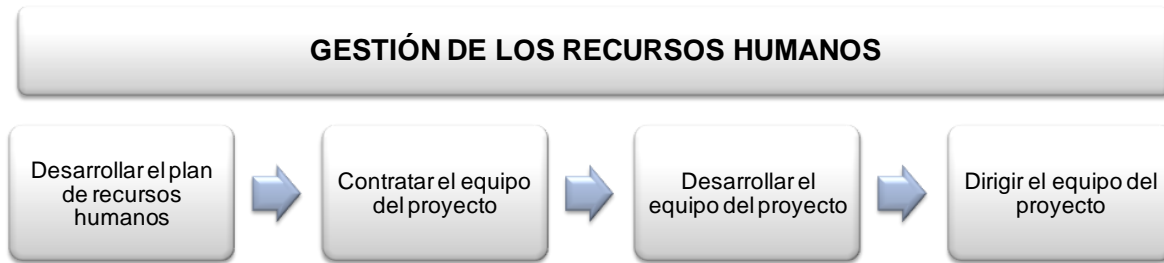
Figura 13. Procedimientos para la motivación del personal



Fuente: Cuadro construido a partir de (UNE 166002, 2006)

Los procesos que componen la gestión de los recursos humanos se presentan en el diagrama a continuación:

Figura 14. Procesos en la gestión de los recursos humanos



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.7. Comunicaciones

La comunicación es el principal problema que tienen los directores de un proyecto durante su desarrollo. Se cree que cerca del 90% del tiempo que invierten los Directores en un proyecto es comunicándose (Dharma Consulting, 2010). Los procesos involucrados en su gestión son:

Figura 15. Procesos en la gestión de las comunicaciones



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

Adicionalmente se deben tener en cuenta los siguientes cuestionamientos a la hora de comunicarse, de acuerdo a la audiencia a la cual se dirige (Dharma Consulting, 2010):

- ¿Qué información busca su audiencia?
- ¿Cuáles son las audiencias para la información?
- ¿Por qué desean la información?

- d. ¿Cuánta información desean?
- e. ¿Quién lleva a cabo la comunicación?
- f. ¿Cuándo se debe revelar información?

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos es posible lograr crear un plan de gestión de las comunicaciones, que puede incluir:

Tabla 2. Modelo de plan de gestión de las comunicaciones

¿Qué se debe comunicar?	¿Por qué?	Entre quienes	Mejor método de comunicación	Responsable	Momento y frecuencia

Fuente:(Dharma Consulting, 2010)

### 3.3.8. Riesgos

La gestión de los riesgos del proyecto involucra los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, su seguimiento y control (Project Management Institute Inc., 2008). Se deben identificar y evaluar los riesgos y puntos críticos que puedan afectar de forma relevante a la ejecución del programa de trabajo, estableciendo procedimientos para implantar los cambios necesarios y responder a los imprevistos y riesgos identificados, y modificando cuando sea preciso la planificación inicial (UNE 166001, 2006).

La gestión de los riesgos en un proyecto debe considerar loas actividades presentadas en la figura a continuación:

Figura 16. Procesos en la gestión de los riesgos

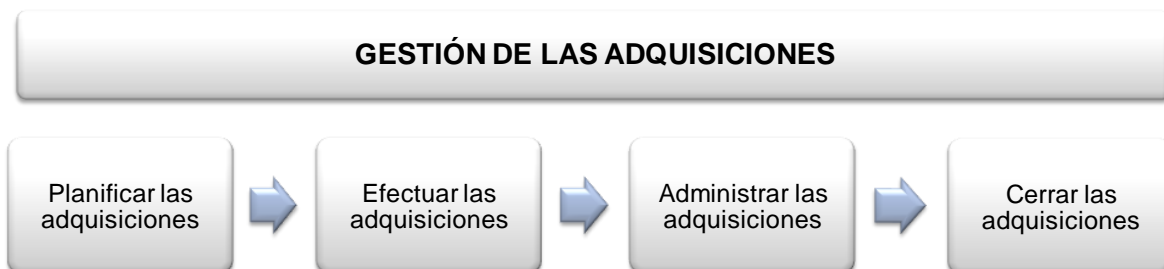


Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.3.9. Adquisiciones

La gestión de las adquisiciones hace referencia a los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto. Los procesos que hacen parte de la gestión de las adquisiciones se presentan a continuación:

Figura 17. Procesos en la gestión de las adquisiciones



Fuente: Cuadro construido a partir de (Project Management Institute Inc., 2008)

### 3.4. CARACTERÍSTICAS DE UN PROCESO DE I+D+I

Un proceso de I+D+i posee unas características definidas y especiales, que son mostradas a continuación, y que deben tenerse presentes para la gestión de proyectos de este tipo (UNE 166002, 2006):

- El uso continuo de información, datos y conocimientos, así como su transformación y generación.
- El uso de la vigilancia y previsión tecnológica y el impulso de la creatividad en la identificación y caracterización de ideas, objetivos y escenarios tecnológicos.
- La gestión del riesgo y de la incertidumbre en la obtención de resultados.
- La gestión de la propiedad industrial e intelectual y la protección de la generada en el proceso.
- La estructura multidisciplinar y abierta de la unidad de I+D+i, la motivación de los miembros que la componen y su permanente intercomunicación con las partes interesadas en un proceso de ingeniería simultánea que no tiene por qué ser secuencial.
- La duración dilatada del proceso de I+D+i, sus requisitos de inversión constante sin resultados y la gestión del desánimo durante todo el proceso.
- La certeza de que puede haber innovaciones tecnológicas que no requieren I+D y que pueden realizarse investigaciones que no den lugar a la innovación. La I+D juega un papel fundamental pero no único en la innovación tecnológica.

Algunos de los instrumentos que pueden ser utilizados para la realización de actividades de I+D+i se presentan en la figura a continuación:

Figura 18. Instrumentos para realizar actividades de I+D+i



Fuente: Cuadro construido a partir de (UNE 166002, 2006)

### 3.5. INNOVACIÓN

Según el Manual de Oslo publicado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), innovación se define como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o relaciones exteriores. A continuación se explican brevemente cada una de ellas (OCDE y Eurostat, 2005):

- a. Innovación de producto: Introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso que se destina. Incluye la mejora significativa de las características técnicas, de los componentes y los materiales, de la información integrada, de la facilidad de uso y otras características funcionales. Este tipo de innovación puede utilizar nuevos conocimientos o tecnologías, o basarse en nuevas utilidades o combinaciones de conocimientos o tecnologías ya existentes.
- b. Innovación de proceso: Introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos. Las innovaciones de proceso pueden tener por objeto disminuir los costes unitarios de producción o distribución, mejorar la calidad, o producir o distribuir nuevos productos o sensiblemente mejorados.
- c. Innovación de mercadotecnia: Es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación. Tratan de

satisfacer mejor las necesidades de los consumidores, de abrir nuevos mercados o de posicionar en el mercado de una nueva manera un producto de la empresa con el fin de aumentar las ventas.

- d. Innovación de organización: Es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa. Este tipo de innovaciones pueden tener por objeto mejorar los resultados de una empresa reduciendo los costes administrativos o de transacción, mejorando el nivel de satisfacción en el trabajo (y, por consiguiente, aumentar la productividad), facilitando el acceso a bienes no comercializados o reduciendo los costes de suministro.

La clave del éxito en la innovación no depende de la disponibilidad de la tecnología sino de la administración del proceso del cambio tecnológico. La ventaja real es tener la capacidad de reconocer las señales del entorno para identificar las amenazas y las oportunidades, interpretarlas y definir una estrategia para adquirir y generar habilidades y fuentes tecnológicas, con el fin de manejar el cambio cuando se implemente la tecnología seleccionada y, finalmente, aprender de esta experiencia. Cuando la administración de la innovación establece cómo todas estas actividades van a ser integradas, esto se convierte en una herramienta de primera clase capaz de contribuir sustancialmente al éxito y al desarrollo de la compañía (FRANCO, 2011).

La innovación es un proceso que debe ser contextualizado en las condiciones culturales, políticas, económicas y sociales en la cual se desarrolla. Se caracteriza por ser (FRANCO, 2011):

- Global.
- Multidisciplinaria y abierta.
- Colaborativa.

En el ambiente de la innovación colaborativa, la innovación abierta consiste en concebir la innovación como un sistema en el cual agentes, internos y externos participan. La innovación hoy en día va más allá de crear y mejorar productos o servicios, es acerca de reinventar el proceso de negocio, construir nuevos mercados que satisfagan las necesidades no satisfechas de los consumidores, cambiar el uso de los canales de distribución e introducir nuevas estructuras organizacionales (FRANCO, 2011). Las figuras presentadas a continuación muestran las principales barreras, endógenas y exógenas, que afectan la innovación y las maneras de superarlas:

Figura 19. Barreras exógenas que afectan la innovación



Fuente: Cuadro construido a partir de (FRANCO, 2011)

Figura 20. Barreras endógenas que afectan la innovación



Fuente: Cuadro construido a partir de (FRANCO, 2011)

Figura 21. Maneras de superar las barreras exógenas que afectan la innovación



Fuente: Cuadro construido a partir de (FRANCO, 2011)

Figura 22. Maneras de superar las barreras endógenas que afectan la innovación

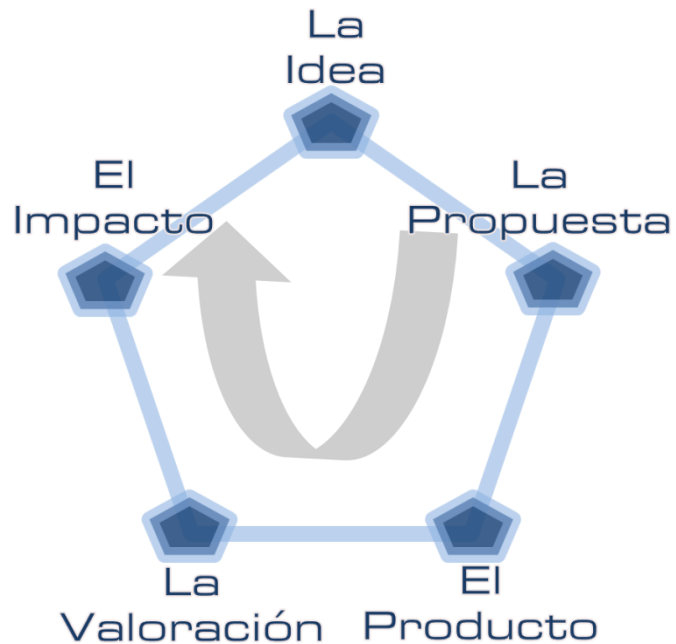


Fuente: Cuadro construido a partir de (FRANCO, 2011)

## 4. MÉTODO

A través de la experiencia que ha adquirido la Línea de Diagnóstico Técnico del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI) con el desarrollo de sistemas de monitoreo a través de proyectos de I+D+i desde el año 2000, con empresas como el Metro de Medellín Ltda. y Empresas Públicas de Medellín, se ha logrado identificar un método que ha sido aplicado en cada uno de estos proyectos, que aunque no se encuentra formalizado, se puede definir como un método para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de ingeniería que está compuesto por cinco vértices que representan cada una de sus etapas, partiendo de la generación de una Idea, la evolución de la misma hacia una Propuesta, su materialización (El Producto), La Valoración de los resultados obtenidos y El Impacto que generan. La representación esquemática del método se muestra en la figura a continuación:

Figura 23. Método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i

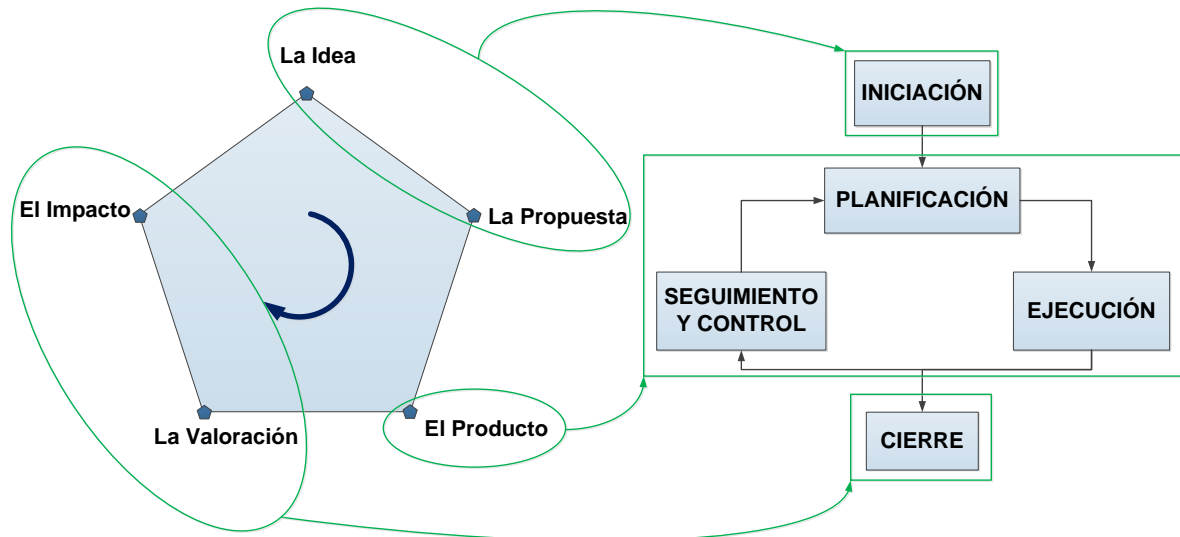


A continuación se describen uno a uno los vértices que componen el método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i:

- Primer vértice - La Idea: Etapa de identificación de la necesidad, de la oportunidad de mejora o de una situación innovante. Esta etapa involucra todo el proceso de materialización de las ideas, evaluación de la viabilidad de las mismas y toma de decisiones.
- Segundo vértice – La Propuesta: Etapa donde La Idea evoluciona hasta ser plasmada en una Propuesta donde se formalizan las intenciones de las entidades que estarán involucradas en el desarrollo del proyecto y donde se da vía libre al inicio del proyecto.
- Tercer vértice – El Producto: Etapa donde se involucran los procesos técnicos y administrativos necesarios para llevar a cabo el proyecto de I+D+i y materializar los sistemas de monitoreo a través de la planeación, ejecución, seguimiento y control de actividades encaminadas al cumplimiento de los objetivos del proyecto.
- Cuarto vértice – La Valoración: Etapa de formalización de los resultados en la comunidad internacional de conocimiento por medio de la legalización, registro, divulgación y publicación de los productos obtenidos con la ejecución del proyecto de I+D+i.
- Quinto vértice – El Impacto: Etapa donde se evalúan los impactos que se han logrado con los resultados del proyecto de I+D+i según los lineamientos para la Acreditación de Alta Calidad de Programas de Posgrados , establecidos por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) en Colombia, con el fin de cuantificar el aporte real del proyecto a la sociedad.

El método planteado se relaciona con las etapas de la gestión de proyectos, expuestas en el capítulo anterior, de la manera como se presenta en la figura a continuación:

Figura 24. Relación entre el método planteado y las etapas de la gestión del proyecto



Las etapas señaladas en el primer y segundo vértice: La Idea y La Propuesta, hacen parte de la etapa de Iniciación; la etapa indicada en el tercer vértice: El Producto, involucra las etapas de Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control; y las etapas señaladas en el cuarto y quinto vértice: La Valoración y El Impacto hacen parte de la etapa de Cierre.

El método propuesto para la gestión de proyectos de I+D+i se diferencia del descrito, en los siguientes puntos:

- Diferencias entre la etapa de Iniciación y el primer y segundo vértice - La Idea y La Propuesta: Dentro de la Iniciación de la gestión de proyectos no se involucra esa etapa previa correspondiente a la concepción de La Idea, su evolución y su valoración, que conlleva a la determinación de realizar una propuesta formal que se convierta en un proyecto de I+D+i.
- Diferencias entre las etapas de Planificación, Ejecución, Seguimiento y Control y el tercer vértice – El Producto: En esta etapa más que plantearse las



diferencias entre un modelo y otro, se focalizan las acciones al objeto de estudio: proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo.

- Diferencias entre la etapa de Cierre y las etapas del cuarto y quinto vértice - La Valoración y El Impacto: En la etapa de Cierre solamente se considera la satisfacción del cliente una vez finalizado el proyecto, y no se tienen presentes, ni los otros resultados adicionales al producto del cual era objeto el proyecto de I+D+i, ni los impactos que a futuro se obtendrán desde diferentes perspectivas con la realización del proyecto, donde realmente se observará el alcance de la innovación al introducir los nuevos resultados en el entorno.

### **Origen de la geometría pentagonal**

Los griegos, en especial la escuela Pitagórica y Platón, tenían una clara tendencia a describir el universo de una manera armoniosa y ordenada, de tal forma que pudiera ser accesible al entendimiento humano. Por esta razón muchos de sus estudios se centraron en los sólidos regulares, más conocidos como sólidos platónicos, que se caracterizan por estar compuestos de polígonos regulares, iguales entre sí, con un mismo número de caras por cada vértice, y que cuentan con la propiedad de dividir en partes iguales y semejantes la superficie de una esfera<sup>4</sup> en que están inscritos (PLATÓN). La tabla presentada a continuación muestra los cinco sólidos regulares existentes:

Tabla 3. Sólidos regulares o platónicos

FIGURA	REPRESENTACIÓN
 Tetraedro	Fuego
 Cubo	Tierra

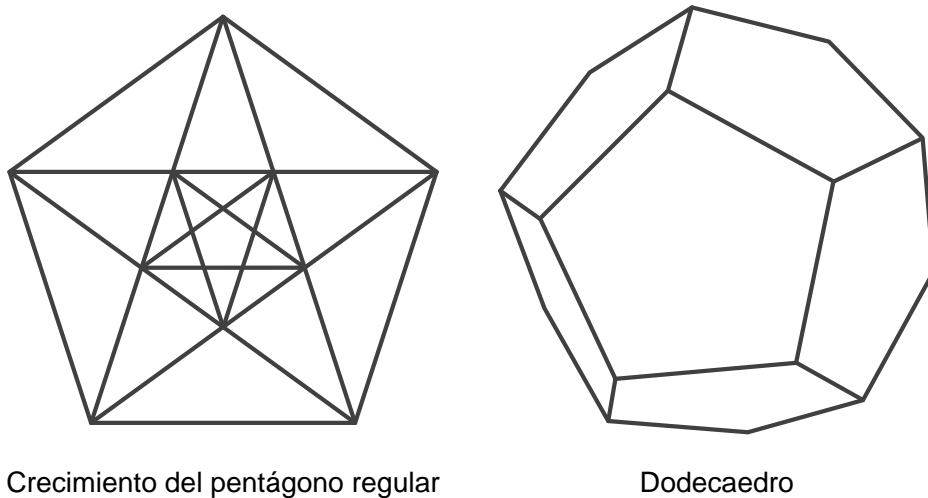
<sup>4</sup> Esfera: la más perfecta de las figuras (PLATÓN)

FIGURA	REPRESENTACIÓN
 Octaedro	Aire
 Icosaedro	Agua
 Dodecaedro	Universo

Fuente: Tabla construida a partir de (PLATÓN)

El método propuesto, está representado por un pentágono regular, a partir del cual se construye el dodecaedro, uno de los cinco poliedros regulares, que según los pitagóricos correspondía al universo, y está asociado a las teorías de la divina proporción (STRATHERN, 1999). El pentágono regular también cuenta con la condición particular de que al prolongar los cinco segmentos de línea que lo componen, se puede construir un nuevo pentágono regular de mayor tamaño a partir de la unión de los puntos del pentágulo que se genera de la intersección de dichas prolongaciones, proceso que puede repetirse indefinidamente (GONZÁLEZ URBANEJA, 2001). El crecimiento del pentágono regular y el dodecaedro se presentan en la figura a continuación:

Figura 25. El pentágono regular y el dodecaedro



Dadas estas condiciones, la estructura seleccionada para representar el método propuesto para la gestión de proyectos de I+D+i, es la del pentágono regular, con el fin de mostrarlo como una estructura que se articula dentro de un todo que puede ser una organización, o un conjunto de ellas o de varios proyectos (Dodecaedro), basado en una relación de sinergia que origina un producto total mayor que la suma de sus productos tomados de una manera independiente (BEDRIÑANA, 2012), y como un elemento que puede a su vez crecer en el tiempo a través de la generación de nuevos proyectos de I+D+i (Crecimiento del pentágono regular).

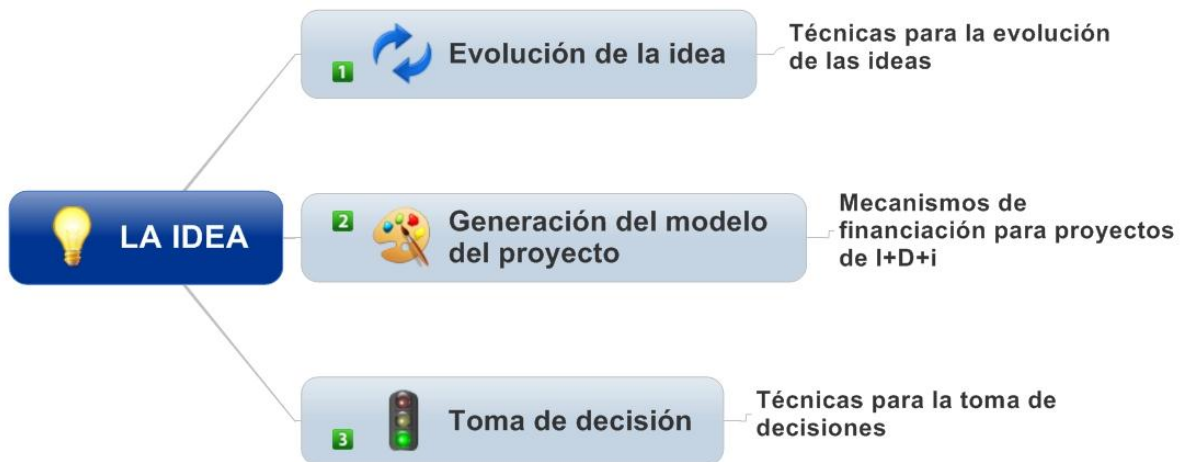
Los siguientes capítulos describirán detalladamente los procesos involucrados en cada una de las etapas del método de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo propuesto, para finalizar en su aplicación a un caso de estudio. Esta información también se presenta en la dirección electrónica: <http://www.eafit.edu.co/gemj>, portal web del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial en su línea de investigación de Diagnóstico Técnico, distribuida de la misma manera acá presentada: el método de gestión y la aplicación en casos de estudio (proyectos que ha desarrollado y desarrolla actualmente el Grupo).

## 5. PRIMER VÉRTICE: LA IDEA

Las ideas son la base de la generación de conceptos y del conocimiento en general. Platón en su mito de la caverna, presenta La Idea como el proceso entre la apreciación de la realidad a través de los sentidos, que gradualmente avanza hacia la búsqueda de la verdad. Por esta razón, la concepción de un proyecto siempre se obtiene a partir del desarrollo y materialización de una idea: surgen de la identificación de una necesidad, una oportunidad o una intención de acuerdo a un contexto dado, con el propósito de transformar una realidad.

El presente capítulo describe la manera como una idea logra llegar a materializarse en una propuesta de un proyecto, de la manera como se presenta en la figura a continuación:

Figura 26. La Idea



## 5.1. EVOLUCIÓN DE LA IDEA

Existen diversas técnicas para lograr que una o varias ideas evolucionen hasta el punto de lograr convertirse en una propuesta de un proyecto de I+D+i, a continuación se exponen algunas de ellas:

### 5.1.1. Aportaciones de clientes

El asumir una perspectiva desde la óptica del cliente es una fuente de información valiosa a la hora de tomar decisiones. Este concepto no implica tomar la visión del cliente como único punto de partida para una iniciativa de innovación, sino tener en cuenta su perspectiva a la hora de evaluar un modelo de negocio o de proyecto y posteriormente una propuesta. El éxito de la innovación se basa en una profunda comprensión de los clientes, su entorno, sus rutinas diarias, sus preocupaciones y sus aspiraciones (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011).

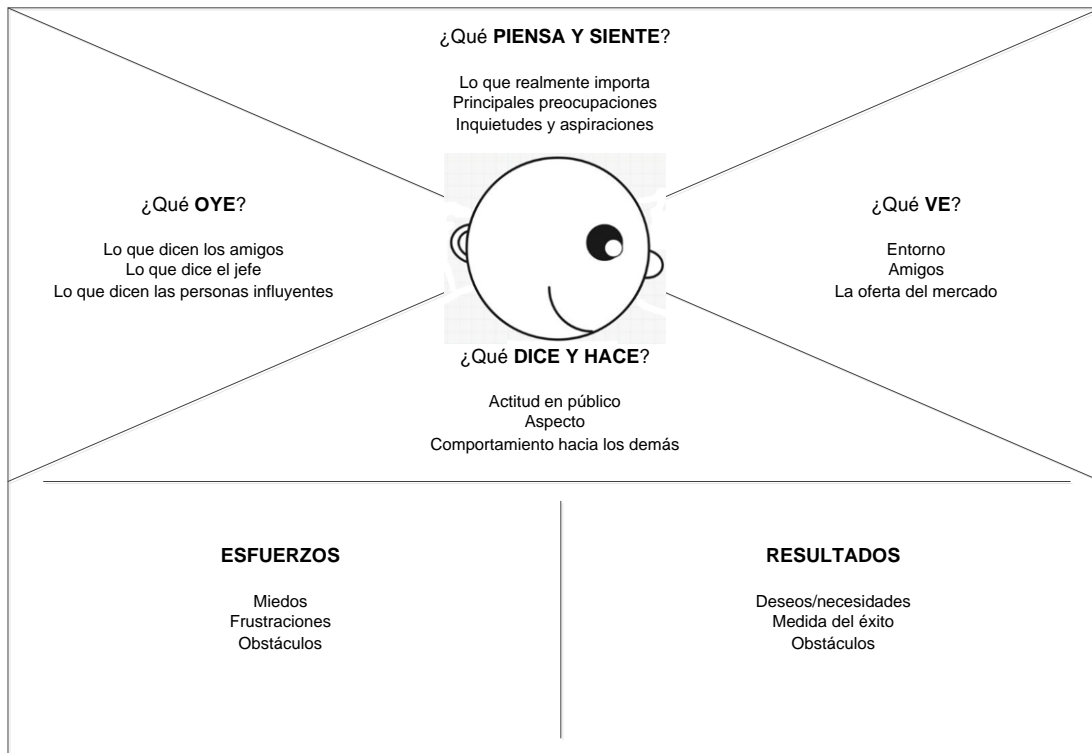
El mapa de empatía es una técnica utilizada para definir el perfil de los clientes y obtener un conocimiento profundo del entorno, el comportamiento, las inquietudes y las aspiraciones de los clientes (Ver Figura 27). Los pasos para definir el perfil del cliente son (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011):

#### a. ¿Qué ve?

Describir qué ve el cliente en su entorno:

- ¿Qué aspecto tiene?
- ¿Qué lo rodea?
- ¿Quiénes son sus amigos?
- ¿A qué tipos de ofertas está expuesto diariamente (en contraposición a todas las ofertas del mercado)?
- ¿A qué problemas se enfrenta?

Figura 27. Mapa de empatía



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

b. ¿Qué oye?

Describir cómo afecta el entorno al cliente:

- ¿Qué dicen sus amigos? ¿Su cónyuge?
- ¿Quién es la persona que más le influye? ¿Cómo le influye?
- ¿Qué canales multimedia le influyen?

c. ¿Qué piensa y siente en realidad?

Intentar averiguar qué pasa en la mente del cliente:

- ¿Qué es lo más importante para el cliente (aunque no lo diga explícitamente)?
- Imagina sus emociones. ¿Qué lo conmueve?
- Intenta describir sus sueños y aspiraciones. ¿Qué le quita el sueño?

d. ¿Qué dice y qué hace?

Imaginar qué dirá o cómo se comportaría el cliente en público:

- ¿Cuál es su actitud?
  - ¿Qué podría estar contando a los demás?
  - Prestar especial atención a las posibles incongruencias entre lo que dice un cliente y lo que piensa en realidad.
- e. ¿Qué esfuerzos hace el cliente?
- ¿Cuáles son sus mayores frustraciones?
  - ¿Qué obstáculos se interponen entre el cliente y sus deseos o necesidades?
  - ¿Qué riesgos teme asumir?
- f. ¿Qué resultados obtiene el cliente?
- ¿Qué desea o necesita conseguir en realidad?
  - ¿Qué escalas utiliza para medir el éxito?
  - Pensar en algunas estrategias que podría utilizar para alcanzar sus objetivos.

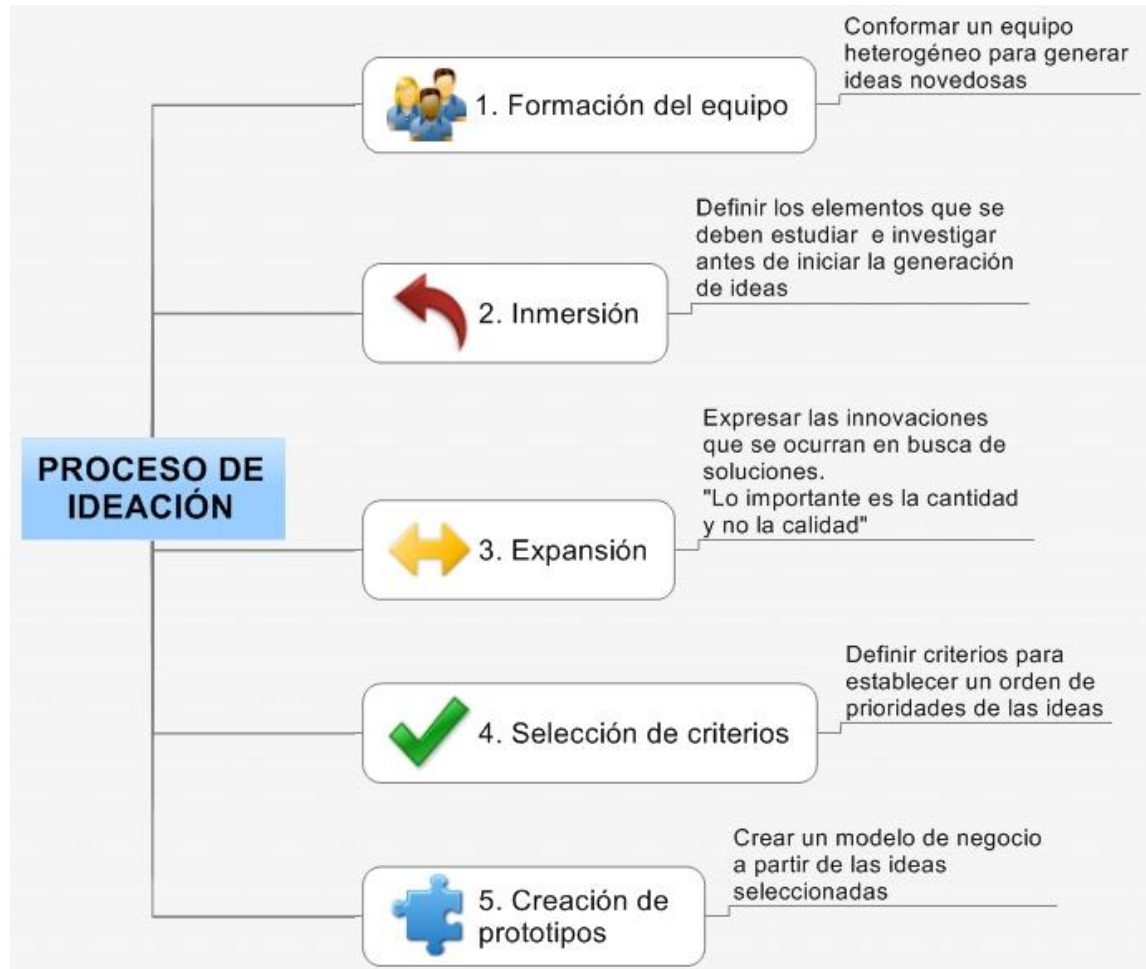
### **5.1.2. Ideación**

El desafío en la creación de nuevas opciones de proyectos es ignorar el statu quo y disipar las dudas sobre las cuestiones operativas para así poder generar ideas realmente nuevas. La innovación consiste en crear mecanismos nuevos que permitan crear valor, percibir ingresos y en desafiar las normas para diseñar modelos originales que satisfagan las necesidades desatendidas, nuevas u ocultas de los clientes. (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011).

La ideación tiene dos fases principales: la generación de ideas, donde lo importante es la cantidad, y la síntesis, en la que las ideas se comentan y combinan para finalmente escoger un número reducido de opciones viables (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011).

El proceso de ideación presenta el método general mostrado en la Figura a continuación:

Figura 28. Método para el proceso de ideación



Fuente: Cuadro construido a partir de (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Durante el proceso de expansión, el método comúnmente utilizado es el de *brainstorming*, el cual debe regirse por algunos lineamientos para poder ser aprovechado al máximo (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011):

- Concentración: Exponer detalladamente el problema y no alejarse demasiado del tema central.
- Aplicación de normas: Aclarar las normas por la que se regirá la sesión de *brainstorming*. Es importante tener en cuenta:

- No criticar.
  - Una conversación a la vez.
  - Lo que importa es la cantidad.
  - Expresarse de forma plástica.
  - Promover ideas alocadas.
- Visualización: Anotar las ideas en un lugar donde todos las puedan ver.
  - Preparación: antes de iniciar la sesión de *brainstorming*, iniciar con un ejercicio de inmersión relacionado con el problema.

### 5.1.3. Pensamiento visual

El pensamiento visual se basa en el uso de herramientas visuales (fotografías, esquemas, notas autoadhesivas, dibujos y diagramas) con el fin de mejorar los procesos que se enuncian en el cuadro presentado en la Figura 29.

La representación del conocimiento tiene como objeto la abstracción del mismo, para que pueda ser entendido por cualquier persona al ser presentado de una forma explícita (RODRÍGUEZ, 2012). Estas representaciones deben cumplir con las siguientes características:

Tabla 4. Características de los modelos de representación de conocimientos

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Completo	Debe tener todos los elementos correspondientes
Conciso	Debe contener el suficiente nivel de detalle
Coherente	Debe ser una representación que tenga sentido
Concreto	Debe tener un nivel adecuado de familiaridad
Conceptual	Debe ser potencialmente significativo
Correcto	Debe asegurar que los elementos y sus relaciones correspondan a la situación
Considerado	Debe usar un vocabulario adecuado y tener una organización adecuada

Fuente: (CAMPOS, 2005)

Figura 29. Procesos que se mejoran por medio del pensamiento visual



Fuente: Cuadro construido a partir de (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

#### 5.1.4. Otras herramientas

A continuación se presentan otras herramientas para el desarrollo y presentación de ideas (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011):

- Creación de prototipos: Un prototipo sirve como herramienta de análisis y exploración de otras posibilidades, además ayuda a entender mejor las opciones potenciales.
- Narración de historias: La narración de historias ayuda a explicar eficazmente en qué consiste un modelo, una idea o una propuesta de forma tangible y atractiva.
- Escenarios: Los escenarios propician el pensamiento creativo, lo cual no siempre resulta fácil cuando el objetivo es diseñar modelos de negocio o de proyecto innovadores. Normalmente pueden crearse a partir de dos

perspectivas, una la del cliente donde se analiza cómo es su relación con el producto o servicio, qué tipos de cliente son, cuáles son sus preocupaciones, sus deseos y sus objetivos; la otra perspectiva es la del entorno del modelo de negocio o del proyecto a futuro, donde se obliga a reflexionar sobre cómo tendría que evolucionar un modelo ante determinadas circunstancias.

## **5.2. GENERACIÓN DEL MODELO DE PROYECTO**

Una vez identificada, definida y delimitada La Idea que está motivando la creación de un proyecto se pasa a una siguiente etapa donde se genera un modelo de proyecto.

La generación del modelo de proyecto acá presentada, está basada en el proceso de generación de modelos de negocio, el cual describe las bases sobre las que una empresa crea, proporciona y capta valor (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011). A continuación se describe la metodología CANVAS para la generación de modelos de negocio, creada por Alexander Osterwalder e Yves Pigneur en su libro titulado: “Generación de modelos de negocio” adaptada para el caso de proyectos de I+D+i.

El modelo de negocio planteado por estos autores está dividido en nueve módulos básicos que reflejan la lógica que sigue una empresa para conseguir ingresos. Estos nueve módulos cubren las cuatro áreas principales de un negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica. El modelo de negocio es una especie de anteproyecto de una estrategia que se aplicará en las estructuras, procesos y sistemas de una empresa (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011).

Este modelo se construye a través de un análisis realizado por las personas interesadas en la creación de un nuevo proyecto, que involucre las nueve áreas del modelo por medio de un lienzo, tal y como se presenta a continuación:

Figura 30. Lienzo para la generación de modelos de proyecto

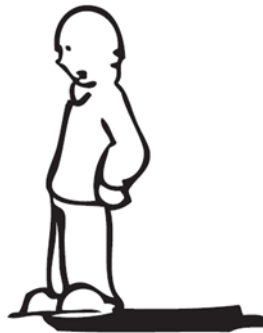


Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

A continuación se describen cada uno de los nueve módulos que componen el lienzo (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011):

### 5.2.1. Segmentos de mercado

Figura 31. Segmentos de mercado



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Con el objetivo de satisfacer de manera completa a los clientes, se debe agruparlos en diferentes segmentos con necesidades, comportamientos y atributos comunes. Los directores del proyecto deben seleccionar los segmentos de mercado a los que se van a dirigir y, al mismo tiempo, a los que no tendrán en cuenta.

Existen diferentes clases de segmentación de mercados:

- Mercados de masas: Se centran en el público en general, no distinguen segmentos de mercado.
- Nicho de mercado: Divide específicos y especializados segmentos de mercado.
- Mercado segmentado: Distinguen varios segmentos de mercado con necesidades y problemas ligeramente diferentes.
- Mercado diversificado: Tiene dos segmentos de mercado no relacionados con diferentes necesidades y problemas.
- Mercados multilaterales: Algunas organizaciones tienen dos o más mercados interdependientes.

### **5.2.2. Propuesta de valor**

Figura 32. Propuesta de valor



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

La propuesta de valor es el factor que hace que un cliente seleccione una empresa u otra, su finalidad es solucionar un problema o satisfacer una necesidad

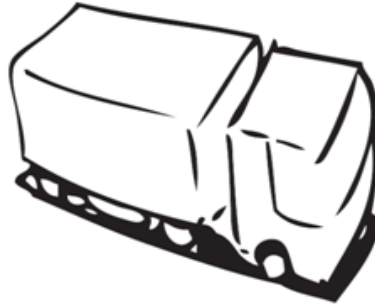
del cliente, en otras palabras es una serie de ventajas que una empresa ofrece a sus clientes.

Una proposición de valor crea valor a través de una mezcla de elementos generados específicamente para un segmento de mercado; pueden ser cuantitativos o cualitativos. Algunos ejemplos se presentan a continuación:

- **Novedad:** Algunas propuestas de valor satisfacen una nueva serie de necesidades que los consumidores no habían percibido antes, dado que no existía una oferta similar.
- **Mejora del rendimiento:** El aumento del rendimiento de un producto o servicio siempre crea valor para el consumidor.
- **Personalización:** Dirigir productos y servicios a necesidades específicas de diferentes clientes o segmentos de mercado.
- **“El trabajo, hecho”:** Se crea valor simplemente por ayudar al cliente a realizar trabajos o procesos específicos a partir del producto o servicio ofrecido.
- **Diseño:** Un producto puede sobresalir por su diseño superior.
- **Marca-status:** Los consumidores pueden encontrar valor simplemente por el hecho de usar una cierta marca.
- **Precio:** Ofrecer la misma calidad o valor por un precio menor.
- **Reducción de costos:** Ayudar a los clientes a reducir costos.
- **Reducción de riesgos:** Reducir el riesgo que representa la adquisición de productos o servicios para un cliente.
- **Accesibilidad:** Hacer productos y servicios disponibles para los consumidores que antes no tenían acceso a ellos.
- **Comodidad/utilidad:** facilitar las cosas o hacerlas más prácticas para los clientes.

### 5.2.3. Canales

Figura 33. Canales



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Los canales son la manera como la organización se comunica y alcanza sus segmentos de mercado para proveer la propuesta de valor. Estos canales de comunicación, distribución y venta establecen el contacto entre la empresa y los clientes. Los tipos de canales pueden ser:

- Canales propios:
  - Directos: Página web, equipo comercial interno.
  - Indirectos: Tienda propia o gestionada por la empresa.
- Canales de socios: Distribución al por mayor, venta al por menor o páginas web de socios.

Los canales tienen cinco fases:

1. Información: ¿Cómo se dan a conocer los productos de la empresa?
2. Evaluación: ¿Cómo se ayuda a los clientes a evaluar la propuesta de valor ofrecida?
3. Compra: ¿Cómo se permite a los clientes la compra de productos específicos de la empresa?
4. Entrega: ¿Cómo se entrega a los clientes la propuesta de valor ofrecida?
5. Post-venta: ¿Qué servicio de atención post-venta se ofrece?

#### 5.2.4. Relaciones con clientes

Figura 34. Relaciones con clientes



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Se trata del tipo de relaciones que una empresa establece con un segmento de mercado específico. Las relaciones con el cliente pueden ser motivadas por los siguientes elementos:

- Captación de clientes
- Fidelización de clientes
- Estimulación de las ventas

Las relaciones con los clientes pueden estar dentro de las siguientes categorías:

- Asistencia personal: El cliente se puede comunicar con un representante real del servicio de atención, que le ayude durante el proceso de venta o post-venta.
- Asistencia personal exclusiva: Asignar un representante del servicio de atención exclusivamente para un cliente individual.
- Autoservicio: La empresa no mantiene relaciones directas con los clientes. Provee todos los medios necesarios para que el cliente realice el proceso por sí mismo.
- Servicios automáticos: Es una categoría de autoservicio con procesos automáticos. Los servicios automáticos reconocen a los diferentes clientes y sus características para ofrecerles lo que desean.

- Comunidades: Las organizaciones utilizan comunidades de usuarios para conocer y estar más en contacto con sus clientes o clientes potenciales, y facilitar conexiones entre miembros. Esto permite a los usuarios intercambiar conocimiento y resolver sus problemas mutuamente.
- Creación colectiva: Consiste en la creación de valor junto con el cliente.

### 5.2.5. Fuentes de ingresos

Figura 35. Fuentes de ingresos



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Representa el flujo de caja que genera la empresa por cada segmento de mercado. Cada compañía, negocio o proyecto debe responder: ¿Por qué valor está dispuesto a pagar cada segmento de mercado? Respondiendo esta pregunta de manera exitosa, la organización generará una o más fuentes de ingresos por cada segmento de mercado. Los tipos de fuentes de ingresos pueden ser:

- Ingresos por transacciones derivados de pagos puntuales de clientes.
- Ingresos recurrentes derivados de pagos periódicos realizados a cambio del suministro de una propuesta de valor, o de proveer un servicio postventa de atención al cliente.

Existen varias maneras de generar fuentes de ingresos:

- Ventas de activos: Venta de derecho de propiedad sobre el producto físico.
- Cuota por uso: Es generada por el uso de un servicio en particular. Entre más es usado el servicio, más pagará el cliente.
- Cuota de suscripción: Es generada por el acceso continuo a un servicio.
- Préstamo/Alquiler/Leasing: Temporalmente se da al cliente el derecho de exclusivo de usar un activo en particular por un tiempo determinado a cambio de una cuota.
- Concesión de licencias: Permite al cliente usar una propiedad intelectual a cambio de unas cuotas de licencia.
- Gastos de corretaje: Esta fuente de ingreso surge de la comisión que se cobra por intermediación de servicios realizados en nombre de dos o más partes.
- Publicidad: Cuotas por publicitar un producto servicio o marca.

Para la fijación de los precios de las fuentes de ingreso, existen los siguientes mecanismos:

A. Precio fijo: Los precios se fijan con base en variable estáticas. Tipos de mecanismos para precio fijo:

- Lista de precios: Precios fijos por cada producto o servicio.
- Según características del producto: El precio depende del número o la calidad de la propuesta de valor.
- Según el segmento de mercado: El precio depende del tipo y de características de cada segmento de mercado.
- Según el volumen: El precio depende de la cantidad comprada.

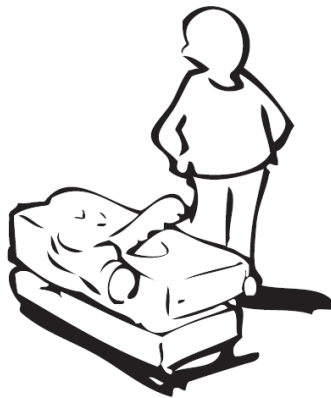
B. Precio dinámico: Los precios cambian en función del mercado. Tipos de mecanismos para precio dinámico:

- Negociación: El precio es negociado entre dos o más socios y depende del poder de negociación y las habilidades.

- Gestión de rendimiento: El precio depende del inventario y del momento en que se haga la compra.
- Mercado en tiempo real: El precio es establecido dinámicamente basado en la oferta y la demanda.
- Subastas: El precio es determinado en una licitación.

### 5.2.6. Recursos claves

Figura 36. Recursos clave



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Los recursos clave son los activos más importantes requeridos para hacer que un modelo de proyecto o negocio funcione, esto es crear y ofrecer una propuesta de valor, llegar a los mercados, establecer relaciones con segmentos de mercado y percibir ingresos.

Los recursos clave se dividen en:

- Físicos: Instalaciones de fabricación, maquinaria, edificios, vehículos, sistemas y redes de distribución.
- Intelectuales: Marcas, secretos empresariales, patentes, derechos de autor, asociaciones y bases de datos.

- Humanos: conocimiento, competencia y experiencia que posee el recurso humano.
- Económicos: Dinero en efectivo, líneas de crédito, cartera de acciones.

### 5.2.7. Actividades claves

Figura 37. Actividades claves



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Son las acciones más importantes que una empresa debe ejecutar para que el modelo de negocio o proyecto funcione. Al igual que los recursos claves, son necesarias para crear y ofrecer una propuesta de valor, llegar a los mercados, establecer relaciones con segmentos de mercado y percibir ingresos. Las actividades clave se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Producción: Diseño, realización y entrega del producto en grandes cantidades o con una calidad superior.
- Solución de problemas: Encontrar soluciones nuevas a problemas de los clientes.
- Plataforma/red: Actividades clave asociadas a un recurso clave como una plataforma o una red.

### 5.2.8. Asociaciones claves

Figura 38. Asociaciones claves



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Las asociaciones clave describen la red de proveedores y socios que hacen posible que el modelo del proyecto funcione. Las motivaciones para la creación de asociaciones son:

- Optimización y economías de escala: Reducir costos, tercerizar o compartir infraestructura.
- Reducción de riesgo: Alianzas en entornos de incertidumbre.
- Compra de determinados recursos o actividades: Recurrir a otras organizaciones para obtener determinados recursos o realizar ciertas actividades y aumentar así su capacidad.
- Conocimiento: redes de conocimiento de tipo nacional e internacional.

Los tipos de asociaciones existentes se enmarcan dentro de las siguientes:

- Alianzas estratégicas entre no competidores.
- Coopetición: Alianzas entre competidores.
- Joint ventures (empresas conjuntas) para desarrollar nuevos negocios.
- Relaciones cliente-proveedor para garantizar la fiabilidad de los suministros.
- Redes para la generación de nuevos conocimientos.

### 5.2.9. Estructura de costos

Figura 39. Estructura de costos



Fuente: (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

La estructura de costos involucra todos los costos que implica poner en marcha el modelo de proyecto. Estos costos son relativamente fáciles de calcular una vez se hayan definido los recursos clave, las actividades clave y las asociaciones clave. Aunque obviamente los costos en todos los modelos deben minimizarse, esto se hace más importante en algunos modelos que en otros. Las estructuras de costos pueden ser:

- A. Según costes: Minimizar costos lo más posible, esto genera una proposición de valor baja, automatización, y mucha tercerización.
- B. Impulsado por el valor: Enfocarse en la creación de valor y en ofrecer un alto grado de servicio personalizado.

Las características de las estructuras de costes son:

- Costos fijos: Siempre son los mismos independientemente del volumen de bienes y servicios producidos.
- Costos variables: Varían proporcionalmente con el volumen de bienes o servicios producidos.

- Economías de escala: Reducción de costos unitarios que una empresa tiene a medida que su producción aumenta.
- Economías de alcance: Reducción de costos que una compañía obtiene debido a la ampliación de su ámbito de actuación.

### **5.3. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN PARA PROYECTOS DE I+D+I**

Para poder llevar a cabo un proyecto de I+D+i se requiere disponer de recursos, bien sean privados o públicos. El uso de recursos privados es independiente de cada organización, por lo tanto a continuación se presentan los mecanismos de financiación que brinda el Estado para la realización de proyectos de I+D+i con el fin de integrarlos al modelo de proyecto que se está creando. Como el objeto de este estudio son los proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo, pudiéndose ampliar a sistemas de ingeniería en general, se listan a continuación los Programas Nacionales de Ciencia Tecnología e Innovación definidos por COLCIENCIAS, dentro de los cuales este tipo de proyectos aplican (COLCIENCIAS, 2011):

- Programa Nacional de Ciencias, Tecnologías e Innovación en áreas Sociales y Humanas.
- Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico e Innovación Industrial.
- Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería.
- Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática.
- Programa Nacional de Formación de Investigadores

#### **5.3.1. COLCIENCIAS**

COLCIENCIAS maneja un portafolio de instrumentos para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) mediante apoyo a proyectos bajo el marco de convocatorias, con énfasis en el sector productivo. Con ello se busca mejorar las

capacidades nacionales de investigación e innovación y la transformación productiva y social del país. Los tipos de proyectos financiables para el desarrollo de proyectos de I+D+i en sistemas de ingeniería, pueden obtener fondos por medio de algunos de los siguientes mecanismos (COLCIENCIAS, 2011)<sup>5</sup>:

- Proyectos de investigación, innovación y desarrollo empresarial – Modalidad de cofinanciación.
- Proyectos de innovación y desarrollo empresarial - Modalidad de préstamo de reembolso obligatorio.
- Proyectos de emprendimiento de base tecnológica.
- Solicitudes de patentes originadas en Colombia, para ser protegidas en el exterior.
- Proyectos para el desarrollo tecnológico de proveedores en los sectores Automotriz y Minero.
- Proyectos de fomento a la innovación en aglomeraciones productivas.
- Proyectos de fortalecimiento de capacidades de gestión de la innovación en empresas.
- Proyectos de cofinanciación directa a empresas para fortalecer la capacidad de innovación y desarrollo tecnológico.
- Proyectos de estandarización y acreditación de nuevas pruebas y calibraciones de laboratorios.
- Financiación de proyectos de investigación científica y tecnológica - Modalidad Contingente.
- Otros mecanismos a considerar:
  - Financiación de planes estratégicos regionales de CT+I<sup>6</sup>.
  - Financiación de proyectos regionales de inversión en CT+I a través de convocatoria con recursos del Fondo Nacional de Regalías.

---

<sup>5</sup> Para mayor información de cada uno de estos mecanismos remitirse a:  
[http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/recursos/documentos/brochure\\_colciencias.pdf](http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/recursos/documentos/brochure_colciencias.pdf)

<sup>6</sup> CT+I: Ciencia, Tecnología e Innovación.

- Financiación de proyectos de apropiación social de CT+I.
- Cofinanciación de eventos científicos nacionales e internacionales.

A continuación se presentan otros instrumentos y mecanismos que pueden ser tenidos en cuenta para integrarse a las fuentes de financiación seleccionadas:

### **A. Financiación de capital humano para la Investigación, Innovación y Competitividad**

COLCIENCIAS también cuenta con mecanismos de financiación para fomentar la adquisición, generación y uso del conocimiento con el fin de incrementar la capacidad nacional para poder competir con los más altos estándares internacionales en los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). A continuación se listan los tipos de programas ofrecidos (COLCIENCIAS, 2011):

- Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”.
- Programa Gestores de Innovación “Pedro Amaya”.
- Programa de Formación Doctoral “Francisco José de Caldas”.
- Programa de Fortalecimiento al Sistema de Formación Doctoral Nacional “Julio Garavito”.
- Programa de Inserción de Doctores al Sector Empresarial Colombiano “Luis López de Mesa”.

### **B. Instrumentos de COLCIENCIAS para apoyo a la innovación**

Existen otros instrumentos de los que dispone COLCIENCIAS para el apoyo a la innovación tales como:

- Misiones tecnológicas (COLCIENCIAS, 2010).
- Vinculación de investigadores en empresas (COLCIENCIAS, 2010).

- Riesgo Tecnológico Compartido (COLCIENCIAS, 2012).

### **C. Incentivos tributarios por medio de COLCIENCIAS**

Además de los mecanismos ya mencionados, por medio de COLCIENCIAS se pueden acceder a los siguientes incentivos tributarios:

- Deducciones por inversiones o donaciones (COLCIENCIAS, 2012).
- Exención de impuesto de renta sobre producción de software y medicamentos (COLCIENCIAS, 2010).
- Exención del IVA (Madri+d, 2007).

#### **5.3.2. SENA**

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) ofrece por su parte los siguientes instrumentos financieros de apoyo a la innovación (Inngenio, 2011)

- Formación Especializada y actualización Tecnológica del Recurso Humano de Empresas a paz y salvo con SENA en aportes y cuota de aprendices.
- Programa de Innovación y Desarrollo Tecnológico Productivo.

#### **5.3.3. Otras fuentes**

A continuación se presentan otras posibles fuentes de financiación para proyectos de I+D+i (Inngenio, 2011):

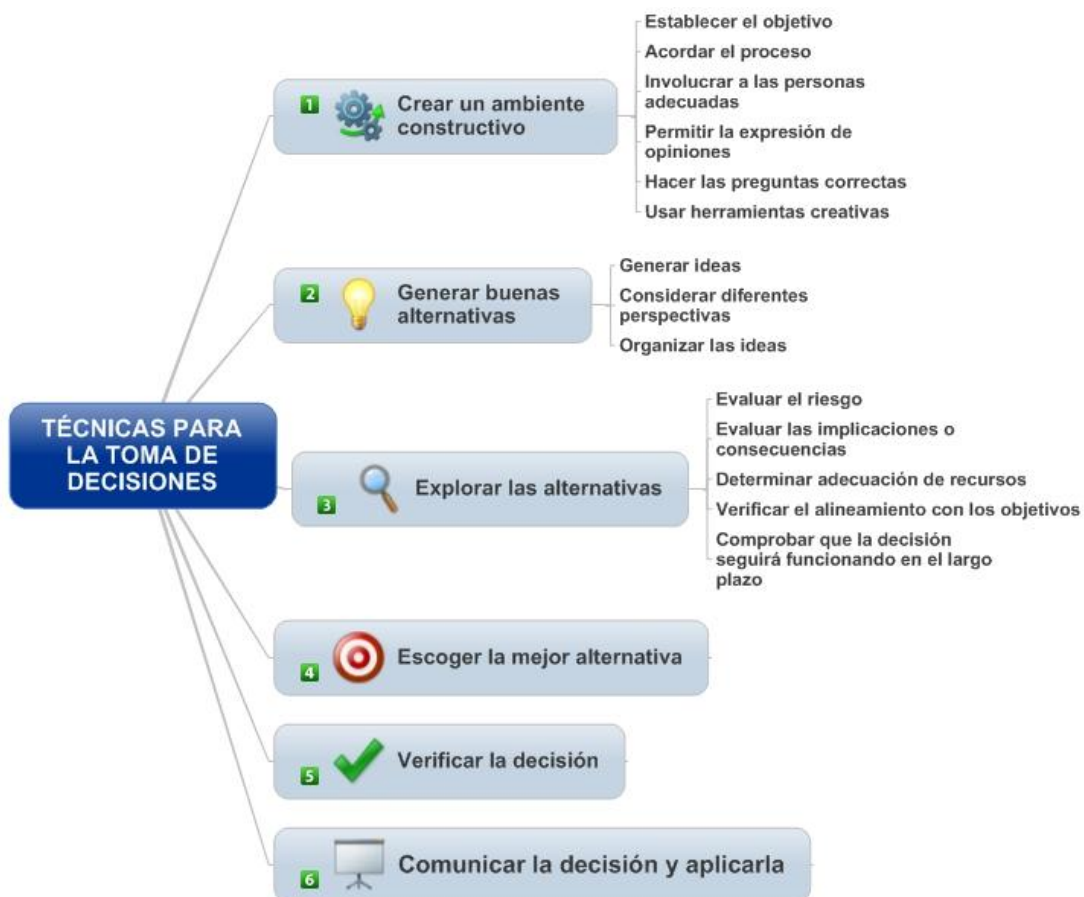
- a. Financiación por parte de FOMIPYME.
- b. Financiación por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- c. Corporación Andina de Fomento (CAF): Programa de Apoyo a la Competitividad (PAC).
- d. IBEROEKA.

## 5.4. TOMA DE DECISIÓN

Una vez finalizada la etapa de materialización de la idea por medio de la generación de un modelo de proyecto, teniendo en cuenta las fuentes de financiación a las cuales se pueden acceder y aplicar, se debe proceder a tomar la decisión de formular la propuesta.

La toma de este tipo de decisiones y otras más que surgen a medida que se cumplen cada una de las etapas de un proyecto de I+D+i, pueden estar soportadas bajo el proceso presentado a continuación:

Figura 40. Técnicas para la toma de decisiones



Fuente: Cuadro construido a partir de (Dharma Consulting, 2010)

A continuación se presenta una herramienta para la selección de un modelo de proyecto dentro de varios modelos, bajo un análisis que considere tanto sus elementos individuales como su totalidad:

### **Análisis FODA**

El tradicional análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, bajo la matriz FODA, integrado al lienzo bajo el que se desarrolla el modelo del proyecto puede mostrar vías interesantes de innovación, brindando una evaluación integral y general del modelo (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011).

Para realizar un análisis FODA es importante partir de un estudio del entorno que rodea el modelo de proyecto. La figura presentada a continuación presenta las áreas más importantes que componen el entorno y los elementos que las componen a cada una de ellas (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011):

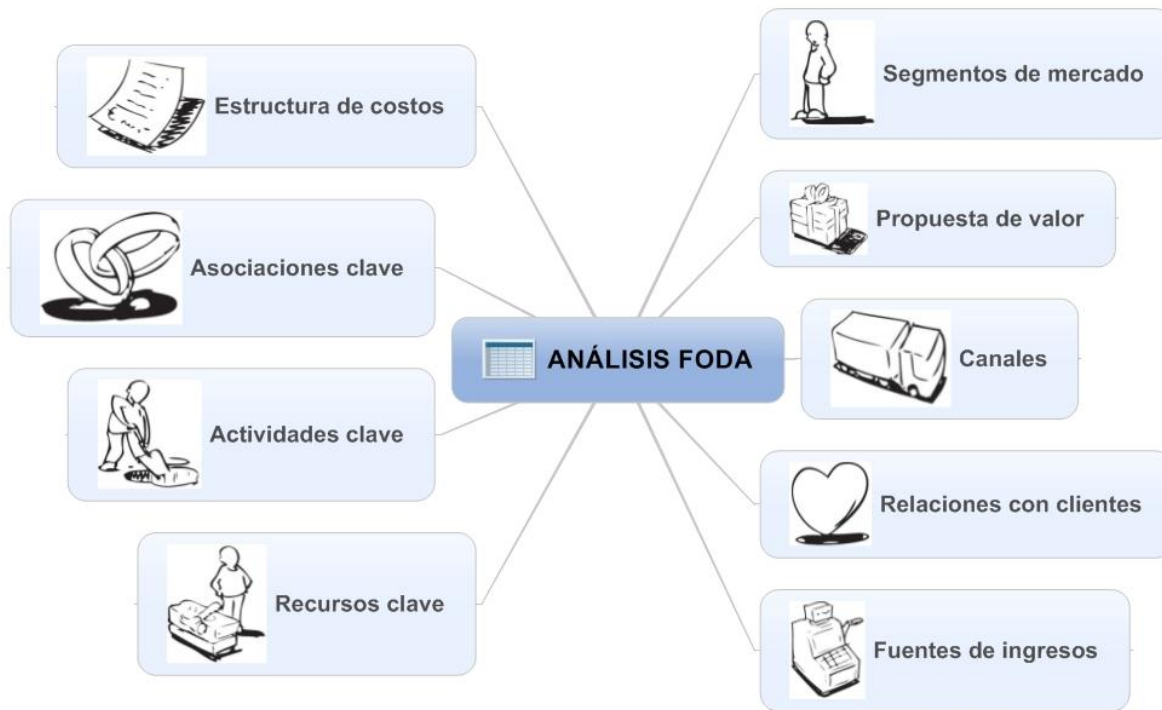
Figura 41. Áreas del entorno



Fuente: Cuadro construido a partir de (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Identificando las áreas del entorno se procede a hacer un análisis FODA de cada uno de los nueve módulos que componen el modelo de proyecto:

Figura 42. Análisis FODA



Fuente: Cuadro construido a partir de (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011)

Un análisis FODA estructurado del modelo del proyecto genera dos resultados: ofrece una instantánea del estado actual (puntos débiles y puntos fuertes) y sugiere algunas trayectorias para el futuro (oportunidades y amenazas) (OSTERWALDER & PIGNEUR, 2011) con lo que se obtiene información relevante para refinar el modelo planteado, o seleccionarlo dentro de un grupo de ellos, brindándole de esta manera una mayor solidez a La Propuesta que se desarrollará en la siguiente etapa del método propuesto.

Para realizar el análisis detallado FODA se puede hacer uso de las listas de preguntas que ayudan a evaluar el modelo, que se encuentran incluidas en el libro titulado: "Generación de modelos de negocio" de Alexander Osterwalder e Yves Pigneur, en su capítulo de Estrategia.

Cada una de las preguntas allí descritas, se responden en una escala de 1 a 5, como la que se presenta a continuación:

Tabla 5. Escala para el análisis FODA

<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Indiferente
4	De acuerdo
5	Totalmente de acuerdo

Una vez respondidas las preguntas, se construye una hoja de cálculo para tabular los datos e identificar donde se encuentran las Fortalezas, las Oportunidades, las Debilidades y las Amenazas del modelo evaluado y compararlo con otros modelos a fin de tomar una decisión basada en criterios objetivos.

## 6. SEGUNDO VÉRTICE: LA PROPUESTA

La etapa que comprende el segundo vértice: La Propuesta está compuesta por la creación de La Propuesta de I+D+i con el fin de aplicar a las convocatorias que ofrece el Estado colombiano, pero en términos generales, los lineamientos académicos, también sirven para la elaboración de propuestas para su presentación a cualquier tipo de entidad con la que se desee participar en la realización del proyecto. La figura mostrada a continuación presenta los procesos que componen la etapa denominada La Propuesta, la cual a su vez muestra la estructura del presente capítulo:

Figura 43. La Propuesta



### 6.1. CREACIÓN

Este numeral presenta los elementos que debe contener una propuesta para la realización de un proyecto de I+D+i. Dependiendo del nivel detallado deseado, la

convocatoria a la que se aplique y el público al que vaya dirigida la propuesta, el proponente es libre de omitir o agrupar cada uno de los ítems acá presentados. El modelo acá propuesto está basado en los ítems que solicita diligenciar COLCIENCIAS en su formulario web para la presentación de Programas y Proyectos, el cual se puede descargar gratuitamente en:

[http://www.colciencias.gov.co/formularios\\_sigp](http://www.colciencias.gov.co/formularios_sigp)

En el Anexo A se presenta los lineamientos para la redacción y creación de cada uno de los elementos acá presentados, y en el Anexo B, un modelo para la realización de presentaciones de propuestas de I+D+i, basada en la metodología AIDA (Atención – Interés – Deseo – Acción).

Los elementos que componen una propuesta de I+D+i se presentan en la figura a continuación:

Figura 44. Elementos de una propuesta de I+D+i



Con el fin de aumentar la probabilidad de que la propuesta a enviar sea aceptada, debe realizársele una revisión antes de ser presentada, bajo los criterios que será evaluada. Estos criterios por lo general están incluidos en los términos de referencia de la convocatoria a la que se va a aplicar, como es el caso de las convocatorias que abre el estado colombiano a través de COLCIENCIAS. Se muestra a modo de ejemplo, en la figura a continuación, los criterios bajo los que se evalúan las propuestas presentadas a la “Convocatoria 562 para Conformar un Banco de Programas Estratégicos y Proyectos Elegibles de Investigación con

Enfoque de Mercado, Desarrollo Tecnológico e Innovación en la modalidad de cofinanciación” de COLCIENCIAS, que a la fecha de presentación de este trabajo, se encuentra abierta:

Figura 45. Criterios de evaluación de las propuestas



Fuente: (Convocatoria 562 COLCIENCIAS, 2012)

Teniendo definidos los criterios bajo los que se evaluará la propuesta, se puede hacer una autoevaluación de manera análoga a la realizada en la etapa de toma de decisión del anterior vértice, construyendo una herramienta en una hoja de cálculo, para realizar el ejercicio de calificar ítem por ítem de la propuesta con una escala de 1 a 5 (siendo 5 el mejor valor), para posteriormente tabular y ponderar los datos con el fin de obtener una calificación de su estado y realizar modificaciones, si es el caso, en aquellos donde se tuvo un menor puntaje, con el fin de aumentar la probabilidad de éxito.

## 6.2. PRESENTACIÓN

Una vez finalizada la propuesta de I+D+i el proceso para su presentación es el mostrado en la siguiente figura y explicado posteriormente:

Figura 46. Proceso de presentación de la propuesta



- Generar una lista de chequeo de los formatos a diligenciar y de los documentos a conseguir de acuerdo al programa que se desea optar para la financiación del proyecto. Esta información se obtiene de los términos de referencia de las convocatorias a las que se aplique y los formatos y documentos varían de acuerdo al mecanismo de financiación (COLCIENCIAS, SENA, empresas privadas, etc.)
- Generar la propuesta de acuerdo al modelo de generación de propuestas presentado en este estudio, siguiendo los lineamientos del o los formatos de presentación de la propuesta de acuerdo al mecanismo de financiación seleccionado.
- Obtener el aval o el visto bueno para la presentación de la propuesta por parte de las directivas de las entidades involucradas en su desarrollo.
- Recopilar todos los documentos que se deben anexar a la presentación de la propuesta. Por lo general se incluyen:
  - Cartas de aval de las entidades proponentes.
  - Certificados de existencia y representación legal de las entidades proponentes.
- Presentar y enviar la propuesta. Es importante conservar el comprobante de envío de la propuesta.

### 6.3. EVALUACIÓN

Este proceso de evaluación de la propuesta inicia con el envío de la propuesta de I+D+i creada para la consideración de la entidad financiadora que hará sus veces de evaluadora. El detalle del proceso de evaluación por parte de la entidad a la que se le presenta la propuesta, es el mostrado en la siguiente figura con su posterior descripción:

Figura 47. Proceso de evaluación de la propuesta



- Recepción de la propuesta por parte de la entidad evaluadora.
- Revisión asegurando que la propuesta presentada esté completa de acuerdo a los términos de referencia de la convocatoria a la que se esté aplicando o a las condiciones de presentación establecidas. Incluye un chequeo para comprobar que la documentación esté completa (certificados, cartas de aval, entre otros).
- Envío de la propuesta a las personas que la evaluarán técnicamente y financieramente. Para el caso de COLCIENCIAS, la propuesta es enviada a pares evaluadores, para los aspectos técnicos, y la misma entidad evalúa los aspectos financieros.
- Análisis técnico y financiero por parte de los evaluadores.
- Emisión de conceptos o consideraciones técnicas y financieras por parte de los evaluadores.

- Retroalimentación entre los proponentes y los evaluadores a fin de conciliar las correcciones y las modificaciones a realizar a la propuesta.
- Aprobación final de la propuesta.
- Emisión o publicación de los resultados. En el caso de COLCIENCIAS, esta entidad publica un listado de los proyectos que han sido seleccionados como elegibles y/o financiables<sup>7</sup>.

#### 6.4. FORMALIZACIÓN

Al ser la propuesta aprobada por la entidad, o las entidades financiadoras encargadas de su evaluación se inicia un proceso de formalización, muy de tipo legal, que presenta las etapas mostradas en la siguiente figura y explicadas posteriormente:

Figura 48. Proceso de formalización de la propuesta



- Recepción de una comunicación oficial por parte de la entidad evaluadora, dirigida a las directivas de la entidad proponente, donde se da como aprobada la propuesta.

<sup>7</sup> Proyecto elegible: propuesta que ha sido seleccionada pero que aún no se le han asignado recursos para su financiación.

Proyecto financiable: propuesta elegida que ya tiene recursos asignados para su financiación.

- Solicitud por parte de la entidad financiadora de la elaboración de un contrato. Para el caso de COLCIENCIAS, la solicitud de elaboración de contrato se la hace directamente a una fiduciaria por medio de un documento llamado: Memorando.
- La entidad encargada de la elaboración del contrato solicita a la entidad ejecutora del proyecto la siguiente documentación:
  - Certificados de paz y salvo de los pagos correspondientes a la seguridad social y los parafiscales de los últimos seis meses, firmados por el Revisor Fiscal de la entidad.
  - Certificado de Existencia y Representación Legal.
  - Cédula del Representante Legal de la entidad.
  - Boletín Responsables Fiscales emitido por la Contraloría General de la República, que verifica si la entidad presenta deudas con el Estado.
  - Certificado de antecedentes disciplinarios emitido por la Procuraduría General de la Nación, tanto de la entidad como de su representante Legal.
- Revisión por parte de las entidades involucradas del contrato elaborado.
- Modificación del contrato elaborado en caso de aplicar.
- Legalización del contrato: firmas del contrato, expedición de pólizas que lo rijan, publicación del contrato en caso de ser una contratación con el Estado, en el Diario único de Contratación Pública.

La fecha de inicio del proyecto está registrada en el contrato y puede darse según la fecha de legalización del contrato o la fecha en que se realice el primer desembolso.

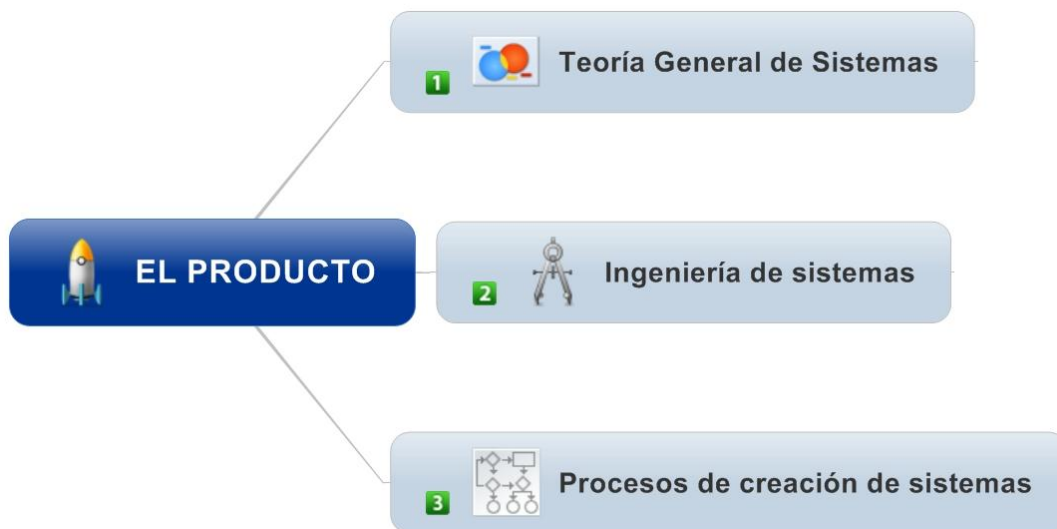
Una vez legalizado el contrato entre la entidad financiadora y la entidad ejecutora, esta última junto con la entidad beneficiaria inicia la creación de un contrato accesorio entre las partes. El proceso para ello es el siguiente:

- Elaborar el contrato accesorio con base en el contrato ya aprobado entre la entidad ejecutora y la entidad financiadora.
- Revisión del contrato accesorio elaborado.
- Recolección de la siguiente documentación de la entidad beneficiaria:
  - Certificado de la Cámara de Comercio.
  - Certificado del NIT.
- Legalización del contrato: firmas del contrato, expedición de pólizas que lo rijan, publicación del contrato en caso de ser una contratación con una entidad pública, en la Gaceta Local o Departamental según aplique.
- Generación del acta de constitución del proyecto.

## 7. TERCER VÉRTICE: EL PRODUCTO

El tercer vértice, denominado El Producto, comprende todos los procesos involucrados en la materialización del proyecto de I+D+i y su respectivo producto. Este capítulo presenta una breve parte teórica sobre algunos conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas, la Ingeniería de sistemas y los sistemas de ingeniería, para posteriormente describir los procesos de creación de sistemas de ingeniería y monitoreo junto con algunas herramientas útiles para varias de sus etapas.

Figura 49. El producto



### 7.1. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

La Teoría General de Sistemas es la historia de una filosofía, una metodología de análisis, el estudio de la realidad y el desarrollo de modelos, a partir de los cuales se puede intentar una aproximación gradual en cuanto a la percepción de una parte de esa globalidad que es el universo, configurando un modelo del mismo, denominado sistema (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1994). La

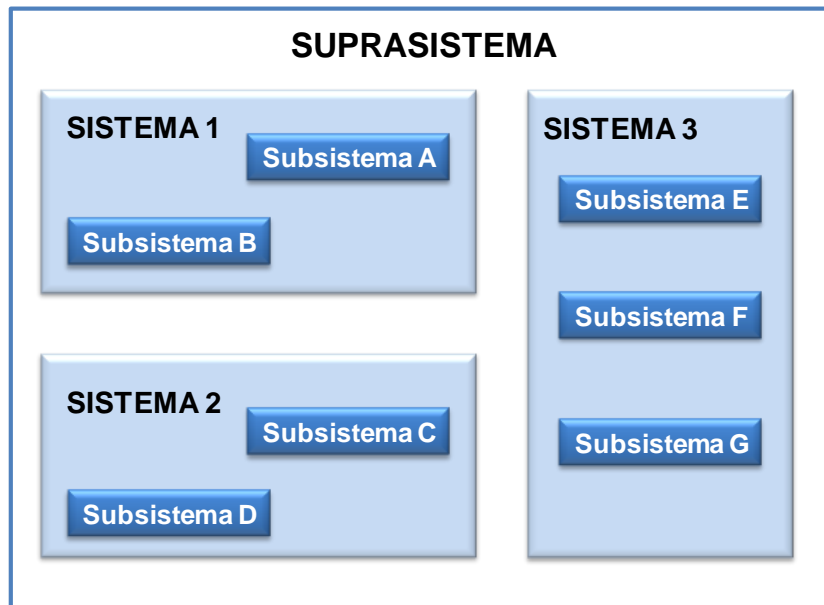
Teoría General de Sistemas se fundamenta en tres premisas básicas (BENDRIÑANA, 2008):

- Los sistemas existen dentro de sistemas.
- Los sistemas son abiertos.
- Las funciones de un sistema dependen de su estructura.

La Teoría General de Sistemas distingue tres elementos principales (Ver Figura 50):

- a. El Suprasistema (Medio del sistema).
- b. El Sistema (Unidad funcional).
- c. Los Subsistemas (Componentes del sistema).

Figura 50. Elementos principales de la Teoría General de Sistemas



A continuación se describen cada uno de ellos:

### 7.1.1. Suprasistema

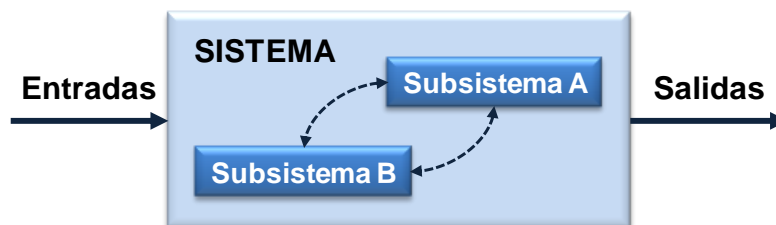
Comprende una jerarquía mayor a la de un sistema (BENDRIÑANA, 2008). Integra a los sistemas existentes desde el punto de vista de pertenencia, constituyéndose el medio en el que los sistemas se desenvuelven.

### 7.1.2. Sistema

Es un conjunto de partes interrelacionadas (BENDRIÑANA, 2008), que permite representar una aproximación paulatina a la percepción de una parte de esa globalidad que es el universo, configurando un modelo de ella, que no está aislado del resto (SARABIA, 1995). Se concluye que es un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos (BERTOGLIO, 1993).

Un sistema en su forma más básica se representa con una caja negra, en la cual para unas entradas determinadas, corresponden determinadas salidas, y se presume que a ciertos estímulos, las variables funcionarán en determinado sentido, sin el conocimiento de cómo interactúan los subsistemas dentro de ella.

Figura 51. El sistema representado como una caja negra



### 7.1.3. Subsistema

Es un conjunto de partes e interrelaciones que se encuentra estructuralmente y funcionalmente dentro de un sistema mayor y que posee sus propias características. Los subsistemas son sistemas más pequeños dentro de sistemas mayores (BERTOGLIO, 1993), que conforman un todo en sí mismos y son de un rango jerárquico inferior al del sistema que componen (BENDRIÑANA, 2008).

Los subsistemas están compuestos por:

Figura 52. Subsistema y sus componentes



Fuente: Cuadro construido a partir de (SKYTTNER, 2005)

#### 7.1.4. El artefacto como sistema

Un artefacto técnico es un objeto con estructura física y función intencional. Como estructura física, se pueden describir por medio de principios y leyes (físicas, químicas, eléctricas, etc.), y como objeto funcional, por medio de acciones guiadas por conceptos intencionales (motivos, necesidades y deseos). Un artefacto hace referencia a máquinas, aparatos o instrumentos que llevan en su estructura un proceso capaz de llevar un flujo de entrada (energía, materia o información, respectivamente) a un flujo de salida (RODRÍGUEZ G., 2003). La figura presentada a continuación presenta esquemáticamente el caso de una máquina:

Figura 53. La máquina como sistema de transformación de energía



Fuente: Cuadro construido a partir de (RODRÍGUEZ G., 2003)

## 7.2. INGENIERÍA DE SISTEMAS

La ingeniería de sistemas se basa en el sistema como un todo; enfatiza su operación total. Mira al sistema desde afuera, es decir, a sus interacciones con otros sistemas y con el ambiente, y así mismo lo mira desde el interior. No se enfoca solamente en la ingeniería de diseño del sistema, sino también en factores externos que pueden afectar el diseño. Estos incluyen la identificación de las necesidades del cliente, el ambiente operacional de sistema, sistemas de interconexión, y muchos otros factores que pueden ser correctamente reflejados en documentos requeridos del sistema y adecuados al diseño del mismo (KOSSIAKOFF, et al., 2011). Adicionalmente, en el momento de concebir un sistema de ingeniería, deben considerarse los dominios presentados en la figura a continuación:

Figura 54. Dominios de los sistemas de ingeniería



Fuente: (KOSSIAKOFF, et al., 2011)

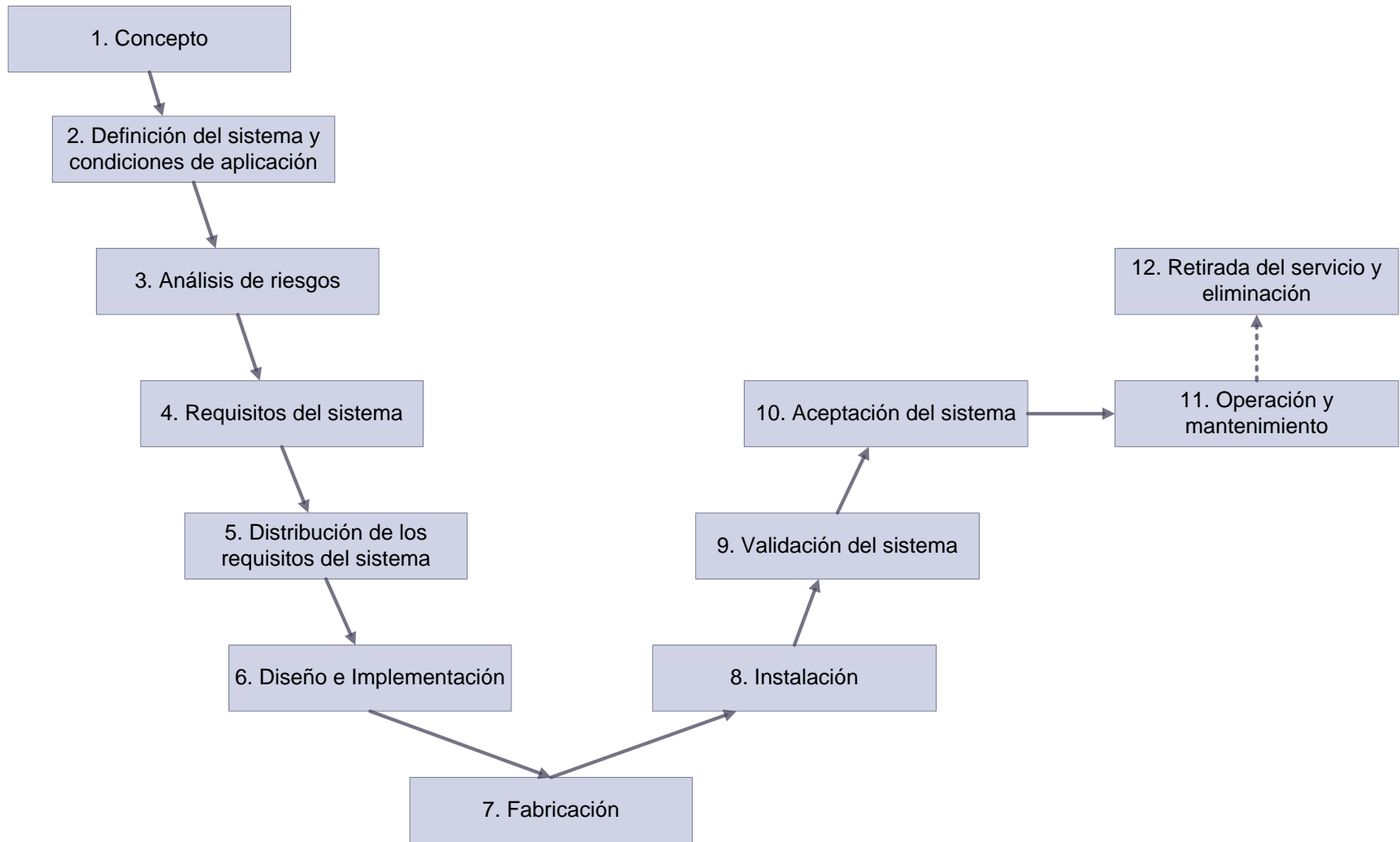
Los dominios de los sistemas de ingeniería no solamente incluyen los relacionados a los aspectos ingenieriles, técnicos y de gestión. Un sistema de ingeniería comprende también aspectos sociales, políticos/legales y humanos. Estas últimas dimensiones requieren atención adicional y una profunda investigación para entender su impacto y su utilidad en el desarrollo del sistema, especialmente a medida que se avanza hacia áreas dentro de la empresa y hacia niveles de sistemas de mayor complejidad.(KOSSIAKOFF, et al., 2011).

### **7.3. PROCESOS DE CREACIÓN DE SISTEMAS**

Existen diversos procesos para abordar la creación de un sistema de ingeniería, de acuerdo a la especificidad que se requiera según el sistema que se realice. Éstos tienen sus bases en el proceso de desarrollo del ciclo de vida del producto, a partir del cual se han creado normas que describen este ciclo tanto para software (ISO/IEC 12207:2008) como para sistemas (UNE-EN 50126:2005).

Este apartado está basado en el ciclo de vida de un sistema definido en esta última norma: *“Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS)”*, el cual aunque es específico para sistemas de aplicación ferroviaria, considera todas las etapas del desarrollo de un sistema de ingeniería en general, desde que es ideado, hasta que ya no está disponible para ser utilizado, retirado y eliminado (UNE-EN 50126, 2005). El ciclo de vida del sistema es presentado en la figura a continuación:

Figura 55. Ciclo de vida del sistema



Fuente: (UNE-EN 50126, 2005)

La anterior representación en “V” del ciclo de vida, presenta una rama descendente (lado izquierdo) conocida generalmente como desarrollo y consiste en un proceso de perfeccionamiento que finaliza con la fabricación de componentes del sistema. La rama ascendente (lado derecho) está relacionada con el montaje, instalación, la recepción y el funcionamiento de todo el sistema (UNE-EN 50126, 2005).

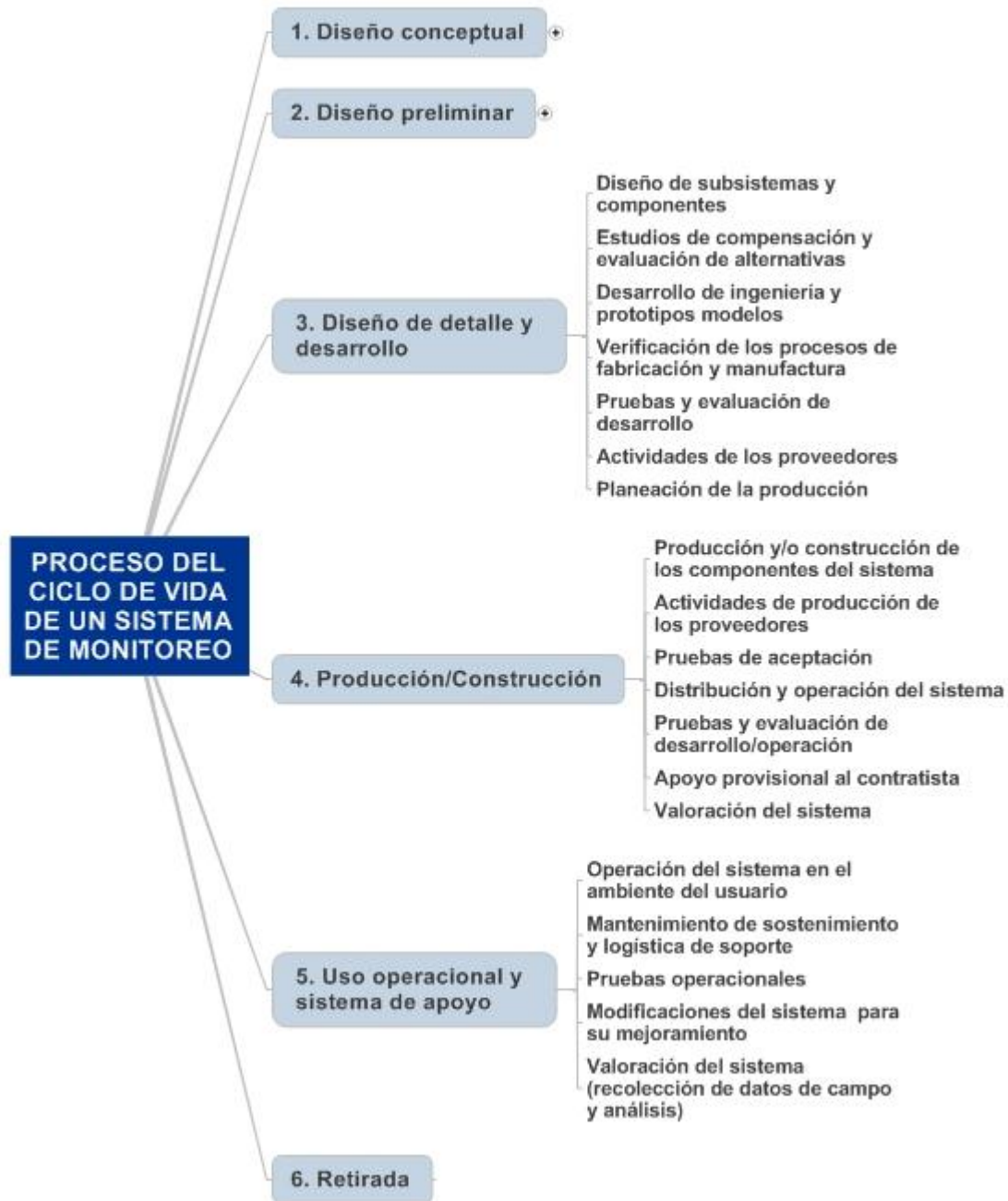
Particularizando estas etapas del ciclo de vida presentadas en la norma UNE-EN 50126, para el caso de sistemas de monitoreo, se presenta a continuación el proceso de ciclo de vida, propuesto por Blanchard y Fabrycky:

Figura 56. Proceso del ciclo de vida de un sistema de monitoreo (1/2)



Fuente: (BLANCHARD & FABRYCKY, 1998)

Figura 57. Proceso del ciclo de vida de un sistema de monitoreo (2/2)



Fuente: (BLANCHARD & FABRYCKY, 1998)

Realizando una comparación entre los dos procesos presentados, tras analizar la norma UNE-EN 50126 y el proceso de Blanchard y Fabrycky, se encuentra la siguiente relación entre cada una de sus etapas:

Tabla 6. Comparación entre proceso de Blanchard y Fabrycky y UNE-EN 50126

ETAPA DENTRO DEL PROCESO BLANCHARD Y FABRYCKY	ETAPA DENTRO DEL PROCESO UNE-EN 50126
1. Diseño conceptual	1. Concepto 2. Definición del sistema y condiciones de aplicación 3. Análisis de riesgos
2. Diseño preliminar	4. Requisitos del sistema
3. Diseño de detalle y desarrollo	5. Distribución de los requisitos del sistema 6. Diseño e implementación
4. Producción/Construcción	7. Fabricación
5. Uso operacional y sistema de apoyo	8. Instalación 9. Validación del sistema 10. Aceptación del sistema 11. Operación y mantenimiento
6. Retirada	12. Retirada del servicio y eliminación

Es importante destacar que dentro del alcance de un proyecto de I+D+i en sistemas de monitoreo solamente se llega hasta la etapa 10. Aceptación del sistema considerada en la norma UNE-EN 50126, debido a que las acciones de las dos últimas etapas se desarrollan en horizontes de tiempo mucho mayores a los que considera el proyecto.

A continuación se presentan algunas herramientas que resultan útiles para la realización de actividades claves en el proceso de creación de un sistema de monitoreo:

### 7.3.1. Definición de requerimientos

Dentro de la etapa de diseño conceptual, teniendo como insumo la identificación de los interesados del proyecto, se puede iniciar la definición de requerimientos a partir del triángulo que integra siete interrogantes (Por qué, Qué, Cuánto, Dónde, Cuándo, Cómo, Quién), agrupados en tres perspectivas: Requerimientos (Operacionales, Funcionales y de Rendimiento), Concepto Operacional y Contexto Operacional. La figura a continuación presenta este triángulo:

Figura 58. Triángulo del diseño conceptual



Fuente: (KOSSIAKOFF, et al., 2011)

La definición de requerimientos es el paso inicial a partir del cual se establecerán los esfuerzos requeridos por cada una de las etapas posteriores en el desarrollo del sistema, por lo que al cumplir esta etapa de manera eficiente se evitará la aparición de problemas futuros. Estos requerimientos pueden definirse a partir de las siguientes consideraciones de diseño que buscan la apropiada integración de los elementos individuales de un sistema (BLANCHARD & FABRYCKY, 1998):

Figura 59. Requerimientos de diseño de los sistemas de ingeniería



Fuente: Fuente: (BLANCHARD & FABRYCKY, 1998)

### 7.3.2. Definición del plan de fabricación

Dentro de la etapa de Producción/Construcción, es necesaria la estructuración del plan de fabricación del sistema donde se contemplen todos los elementos y la información necesaria para que su construcción se lleve a cabo sin mayores contratiempos. Este plan se compone por los elementos presentados en la figura a continuación:

Figura 60. Plan de fabricación



Fuente: (KOSSIAKOFF, et al., 2011)

### 7.3.3. Definición del plan de pruebas y evaluación

Una vez construido el sistema se debe validar que efectivamente se haya logrado tener éxito en el desarrollo de esta etapa. Para ello, dentro de la etapa de Uso operacional y sistema de apoyo, propuesta por Blanchard, se debe establecer un plan estructurado que contenga los elementos mostrados en la figura a continuación, para la realización de pruebas y evaluación del sistema realizado:

Figura 61. Plan de pruebas y aceptación



Fuente: Cuadro construido a partir de (KOSSIAKOFF, et al., 2011) y (BLANCHARD & FABRYCKY, 1998)

#### 7.3.4. Definición de criterios de calidad

En la etapa de Uso operacional y sistema de apoyo, dentro del proceso de Validación y Aceptación del sistema se deben tener criterios que midan la calidad desde una perspectiva interna (software y programación) y externa (pruebas y ejecución). La figura a continuación presenta las características de calidad a medir desde ambas perspectivas:

Figura 62. Características de calidad



Fuente: (ISO/IEC 9126-1, 2001)

Las métricas bajo las cuales se pueden medir cada una de las características anteriores pueden ser consultadas en las siguientes normas:

- ISO/IEC 9126-2. Software engineering - Product quality - Part 2: External metrics.

- ISO/IEC 9126-3. Software engineering - Product quality - Part 3: Internal metrics.

### 7.3.5. Herramientas avanzadas de ingeniería

En el mercado existen algunas herramientas avanzadas de software de ingeniería que son utilizadas para el diseño, optimización, mantenimiento y rediseño durante el ciclo de vida de los sistemas. La tabla a continuación lista algunas de ellas:

Tabla 7. Herramientas avanzadas de ingeniería

ÁREA	APLICACIÓN	HERRAMIENTA
Diseño	Modelos matemáticos e ingeniera básica	Matlab <sup>®</sup> Simulink <sup>®</sup> Visual Basic <sup>®</sup>
	Modelación 3D	Autodesk Inventor <sup>®</sup> Solid Works <sup>®</sup> Autodesk Autocad <sup>®</sup> Pro/Engineer & Creo Elements <sup>®</sup>
	Evaluación de diseño - Simulación	Ansys <sup>®</sup> Simpack <sup>®</sup> Solid Works <sup>®</sup> Análisis Modal teórico y experimental
Mantenimiento	Monitoreo de la condición (Eventual)	Sensores, transductores y software de: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Vibraciones</li> <li>· Ruidos</li> <li>· Termografía</li> <li>· Humedad</li> </ul>
	Monitoreo de la condición (En línea)	Software de multianálisis: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Análisis de ruido (Pulse<sup>®</sup> - Sound Quality<sup>®</sup>)</li> <li>· Análisis Modal experimental (Pulse<sup>®</sup> – Consultant modal test<sup>®</sup>)</li> </ul>

## 8. CUARTO VÉRTICE: LA VALORACIÓN

La valoración es la etapa donde se especifican los resultados de un proyecto de I+D+i, que son los logros obtenidos a la finalización del mismo. Éstos pueden ser el reflejo fiel de los objetivos previstos al inicio del proyecto o bien superarlos, o por el contrario no alcanzarlos, sin significar este último caso que no haya resultados parcialmente positivos que puedan ser útiles. Los resultados de I+D+i pueden adoptar múltiples formas: ser incrementales o radicales; ser modificaciones de algo ya existente o ser completamente nuevos; localizarse en productos o en procesos; orientarse hacia el consumo, hacia la industria o hacia el gobierno; o estar basados en tecnologías simples o compuestas. En cualquier caso, los resultados son la medida del éxito del proyecto y su mayor o menor importancia radica en los beneficios que su utilización (a corto, medio o largo plazo) pueda suponer para una organización individual, para un sector económico y para la totalidad de la sociedad (UNE 166001, 2006).

Para el caso de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo el resultado principal a entregar será el sistema de monitoreo como tal, pero para su obtención se realizan una serie de entregables y de creaciones de formación, de tipo intelectual y de divulgación que deben ser consideradas dentro esta etapa de valoración, estructurada en este capítulo de la manera que se presenta en la figura a continuación:

Figura 63. La valoración



### 8.1. CLASIFICACIÓN

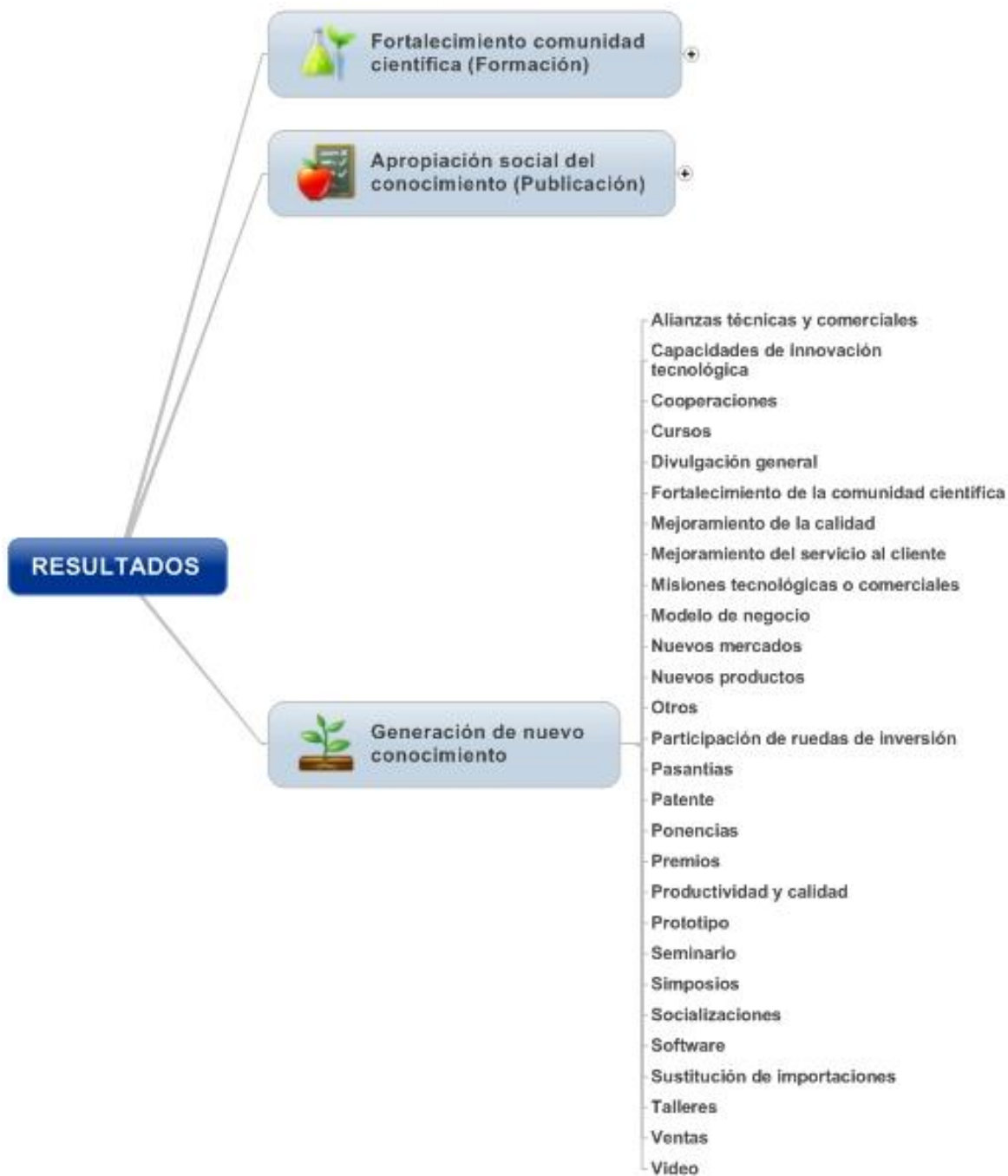
COLCIENCIAS establece en su formulario web para la presentación de Programas y Proyectos las siguientes clasificaciones para los resultados que se obtienen de los proyectos de I+D+i, mostradas en las dos figuras a continuación:

Figura 64. Clasificación de resultados (1/2)



Fuente: Cuadro construido a partir de (Formulario web COLCIENCIAS, 2012)

Figura 65. Clasificación de resultados (2/2)



Fuente: Cuadro construido a partir de (Formulario web COLCIENCIAS, 2012)

## **8.2. CARACTERÍSTICAS**

Los resultados del proyecto deben caracterizarse por lo siguiente (Convocatoria 562 COLCIENCIAS, 2012):

- Estar definidos claramente.
- Poseer un carácter original e innovativo, en relación con el aporte al desarrollo de innovaciones de sistemas, productos, procesos y servicios, así como al mejoramiento significativo de los mismos.
- Aportar al fortalecimiento de la capacidad nacional de investigación, innovación y desarrollo tecnológico.
- Aportar al fortalecimiento de los servicios científicos y tecnológicos ofrecidos por las Organizaciones del SNCTI (Información, diseño, normalización, certificación, gestión de calidad, metrología industrial, análisis, ensayos, pruebas y otros).
- Aportar a la competitividad a nivel nacional e internacional de los productos, procesos o servicios obtenidos como resultados directos o indirectos del proyecto.
- Aportar a la consolidación de un área estratégica, una cadena productiva o un nuevo conocimiento científico y tecnológico.
- Incorporar procesos o tecnologías de producción limpia.
- Divulgar los desarrollos previstos, con el fin que los usuarios se apropien de los mismos y que la sociedad reconozca el aporte como organizaciones innovadoras, para promover la competitividad del país.

## **8.3. JERARQUIZACIÓN**

La jerarquización de los resultados que se obtienen con un proyecto de I+D+i se pueden clasificar de acuerdo al Modelo de medición de Grupos de Investigación,

Tecnológica o de Innovación - Año 2008, establecido por COLCIENCIAS, el cual se describirá a continuación:

Tabla 8. Jerarquización de resultados de formación

TIPO DE PRODUCTO	CARACTERÍSTICA	PESO
Tesis de doctorado	Summa Cum Laude	1,6
	Magna Cum Laude	1,4
	Cum Laude	1,2
	Aprobada	1,0
Tesis de Maestría	Distinguida	0,7
	Aprobada	0,5
Trabajo de grado	Distinguida	0,2
	Aprobada	0,1
Programa doctoral	Existencia del programa	1,0
Programa de Maestría	Existencia del programa	0,5
Curso de Doctorado	Existencia del programa	0,3
Curso de Maestría	Existencia del programa	0,1

Fuente: (COLCIENCIAS, 2008)

Tabla 9. Jerarquización de resultados de divulgación

TIPO DE PRODUCTO	CARACTERÍSTICA	PESO
Servicios técnicos	Existencia	1,0
Consultorías	Existencia	1,0
Cursos de extensión	Existencia	0,3
Productos de divulgación	Existencia	1,0
Literatura de circulación restringida	Existencia	1,0
Texto	Existencia	1,0

Fuente: (COLCIENCIAS, 2008)

Tabla 10. Jerarquización de resultados de nuevo conocimiento

TIPO DE PRODUCTO	CARACTERÍSTICA	PESO
Artículo de investigación	Publicado en revista A1 o A2	1,0
	Publicado en revista B	0,7
	Publicado en revista C	0,4
	Publicado en otra revista verificada	0,2
Libro de investigación	Citado o reseñado en revista A1, A2, B o libro tipo A1	3,0
	Publicado en los últimos tres años	2,0
	Citado o reseñado en revista C o libro tipo B	2,5
	Citado o reseñado en revista no indexada o no homologada, o libro tipo C	2,0
	Sin citación o reseña, obtenido hace más de tres años y menos de cuatro	1,0
	Sin citación o reseña, obtenido hace más de cuatro años y menos de cinco	0,5
Capítulo de libro de investigación	Citado o reseñado en revista A1, A2, B o libro tipo A1	0,6
	Publicado en los últimos tres años	0,4
	Citado o reseñado en revista C o libro tipo B	0,5
	Citado o reseñado en revista no indexada o no homologada, o libro tipo C	0,4
	Sin citación o reseña, obtenido hace más de tres años y menos de cuatro	0,2
	Sin citación o reseña, obtenido hace más de cuatro años y menos de cinco	0,1
Producto patentado	Patente de invención obtenida con producto comercializado	4,0
	Patente de invención obtenida con menos de dos años sin producto	3,0
	Patente de invención obtenida con mas de dos años y menos de cuatro años sin producto	2,5
	Patente de invención obtenida con mas de cuatro años sin producto	2,0
	Patente de invención solicitada	1,5
	Modelo de utilidad obtenido	2,0
	Modelo de utilidad solicitado	1,0
	Registro obtenido	1,0
	Registro solicitado	0,2
Spin Off	Empresas de origen universitario o empresarial generadas en un grupo de I+D	1,0

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>PESO</b>
Normas basadas en resultados de la investigación	Participación en la elaboración de la norma	1,0
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o registrables	No registrado o patentado por acuerdo contractual	2,0

Fuente: (COLCIENCIAS, 2008)

COLCIENCIAS en su modelo de medición no considera todos los resultados que pueden ser obtenidos a través de un proyecto de I+D+i, por lo tanto a continuación se presenta una sugerencia para jerarquizar los resultados no considerados, haciendo una analogía con las tablas anteriormente presentadas<sup>8</sup>:

Tabla 11. Jerarquización de resultados de formación sugerida

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>IMPORTANCIA ANÁLOGA</b>	<b>PESO</b>
Especialización	Trabajo de grado distinguido	0,2
Jóvenes investigadores		

Tabla 12. Jerarquización de resultados de divulgación sugerida

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>IMPORTANCIA ANÁLOGA</b>	<b>PESO</b>
Evento	Productos de divulgación	1,0
Memorias		
Folleto		
Cartilla		
Publicación virtual		
Sometimiento		

Tabla 13. Jerarquización de resultados de nuevo conocimiento sugerida

<b>TIPO DE PRODUCTO</b>	<b>IMPORTANCIA ANÁLOGA</b>	<b>PESO</b>
Cursos	Cursos de extensión	0,3
Cooperaciones	Productos de divulgación	1,0

<sup>8</sup> Este orden sugerido se trata de un ejercicio propuesto de carácter práctico simplemente

TIPO DE PRODUCTO	IMPORTANCIA ANÁLOGA	PESO
Pasantías		1,0
Divulgación general		1,0
Fortalecimiento de la comunidad científica		1,0
Ponencias		1,0
Premios		1,0
Seminario		1,0
Simposios		1,0
Socializaciones		1,0
Talleres		1,0
Video		1,0
Capacidades de innovación tecnológica		Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o registrables
Mejoramiento de la calidad	2,0	
Mejoramiento del servicio al cliente	2,0	
Misiones tecnológicas o comerciales	2,0	
Productividad y calidad	2,0	
Prototipo	2,0	
Sustitución de importaciones	2,0	
Software	Registro obtenido	1,0
Alianzas técnicas y comerciales	Spin Off	1,0
Modelo de negocio		1,0
Nuevos mercados		1,0
Nuevos productos		1,0
Participación de ruedas de inversión		1,0
Ventas		1,0

Antes de pasar a La Valoración final de los resultados, se le asigna a cada una de las categorías una importancia numérica, basada en la ecuación establecida por COLCIENCIAS para el cálculo del índice Scienticol (COLCIENCIAS, 2008), bajo el

cual miden los Grupos de Investigación en el país. Es de aclarar que solamente se tendrán en cuenta las tres clasificaciones dadas inicialmente<sup>9</sup>:

Tabla 14. Importancia dada la clasificación

CLASIFICACIÓN	IMPORTANCIA
Nuevo conocimiento	5,0
Formación	1,0
Divulgación	0,5

Teniendo esta importancia es posible obtener una valoración total de los resultados del proyecto de I+D+i, al sumar el resultado total de multiplicar la cantidad de cada uno de los productos por su peso y su importancia según su clasificación:

Ecuación 1. Valoración de los resultados de un proyecto de I+D+i

$$\text{Valoración} = \sum \text{Número de Productos} \times \text{Peso respectivo} \times \text{Importancia respectiva}$$

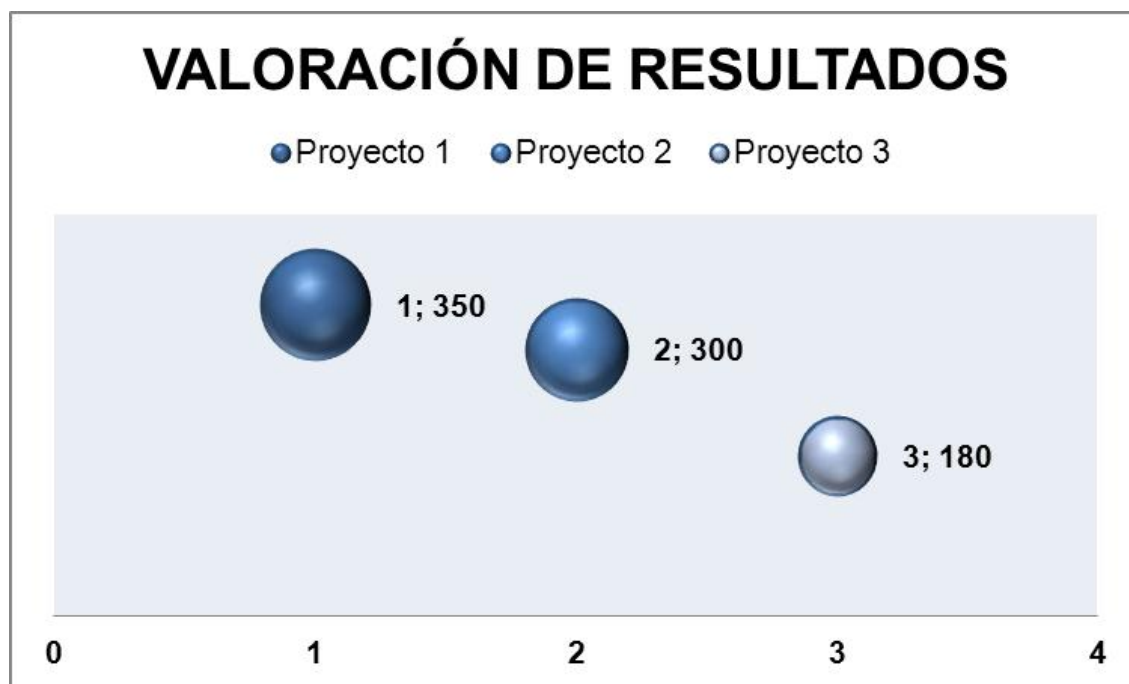
Esta valoración puede ser un rápido diagnóstico del conocimiento generado en un proyecto de I+D+i, orientado hacia la intención de describir el grado de adaptación espacial y temporal a los cambios tecnológicos y organizativos, establecidos por Peter Drucker en su definición de la Sociedad del Conocimiento.

Gráficamente esta valoración se puede dar a través de una representación de una esfera, trayendo acotación nuevamente esa significación establecida por los griegos, que para este caso simboliza el conocimiento generado con el proyecto de I+D+i:

---

<sup>9</sup> Colciencias en su modelo de medición considera una categoría adicional que son los productos de nuevo conocimiento tipo A que en este estudio no se tendrá en cuenta, debido a que estos ya son incluidos dentro de la categoría de nuevo conocimiento

Figura 66. Representación gráfica de La Valoración de resultados



La anterior gráfica representa comparativamente tres proyectos distintos, ordenados jerárquicamente de acuerdo a los aportes generados por cada uno de ellos al conocimiento. El tamaño de las esferas está directamente relacionado al resultado entregado por La Valoración definida en la Ecuación 1, y representa la masa de conocimiento que el proyecto ha aportado.

Para que todos los resultados obtenidos con el proyecto de I+D+i trasciendan las fronteras de las entidades involucradas en él, deben estar relacionados a los indicadores definidos en el quinto y último vértice del presente método: El Impacto, que es descrito en el siguiente capítulo.

## 9. QUINTO VÉRTICE: EL IMPACTO

Los impactos no necesariamente se logran al finalizar el proyecto, ni con la sola obtención de los resultados del proyecto de I+D+i. Los impactos esperados son una descripción de la posible incidencia del uso de los resultados del proyecto en función de la solución de los asuntos o problemas estratégicos, nacionales o globales, abordados. Generalmente se logran en el mediano y largo plazo, como resultado de la aplicación de los conocimientos o tecnologías generadas a través del desarrollo del proyecto. Para cada uno de los impactos esperados se deben identificar indicadores cualitativos o cuantitativos verificables (Formulario web COLCIENCIAS, 2012).

Este capítulo clasifica los impactos en cuatro grandes grupos y define una serie de indicadores por cada uno de ellos, a los cuales se les debe apuntar para transformarlos positivamente con el proyecto de I+D+i y sus resultados. La estructura del capítulo es la presentada en la siguiente figura:

Figura 67. El Impacto



Los impactos se pueden clasificar de acuerdo a las siguientes categorías:

Figura 68. Clasificación de los impactos



Fuente: Cuadro construido a partir de (Convocatoria 562 COLCIENCIAS, 2012) y (Formulario web COLCIENCIAS, 2012)

Para la medición de los impactos se deben tener presentes los siguientes elementos:

- Año base: Es el año en que se toma la medición del estado inicial.
- Medición base: Valor registrado del indicador en el año base.
- Año medición: Es el año en que se toma la medición del estado posterior.
- Impacto esperado: Valor registrado del indicador en el año medición.

Teniendo como base lo anterior se debe buscar con los impactos que producen tanto el proyecto como sus resultados, afectar positivamente las áreas relacionadas con los indicadores de cada una de las clasificaciones presentadas en la anterior figura. A continuación se presentan dichos indicadores principales:

- Impactos en la economía nacional y/o regional: Se agrupan en Indicadores de país.

- Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes: Se agrupan en los indicadores en Instituciones de Educación Superior.
- Impactos sobre la productividad y competitividad de la entidad beneficiaria o el sector relacionado: Se agrupan en los indicadores a nivel empresarial.
- Impactos sobre el medio ambiente y la sociedad: Se agrupan en los indicadores de medio ambiente y sociedad.

### **9.1. INDICADORES DE PAÍS**

El principal indicador para medir el desarrollo de un país a nivel mundial es el Producto Interno Bruto (PIB) (SARRIA MOLINA, 1999). El PIB representa el resultado final de la actividad productiva de las unidades de producción residentes. Se mide desde el punto de vista del valor agregado, de la demanda final o las utilizaciones finales de los bienes y servicios y de los ingresos primarios distribuidos por las unidades de producción residentes (DANE). En Colombia este indicador es medido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Otros indicadores de competitividad a nivel país definidos por el DANE son los siguientes<sup>10</sup>:

- Indicadores laborales.
- Indicadores de comercio exterior.
- Indicadores de industrias por intensidad y uso del conocimiento – IIUC.
- Índice de densidad industrial.

---

<sup>10</sup> Para mayor información consultar:  
[http://www.dane.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=408&Itemid=135](http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=408&Itemid=135)

## 9.2. INDICADORES EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

El Consejo Nacional de Acreditación de Colombia (CNA) tiene definidos dentro de sus Lineamientos para la Acreditación de Alta Calidad de Programas de Maestría y Doctorado, unos indicadores bajo los cuales miden unos factores asociados a unas características para la acreditación de este tipo de programas, los cuales se deben tener en cuenta como la base estructural a la hora de desarrollar un proyecto de I+D+i por parte de una Institución de Educación Superior.

Las tablas mostradas a continuación presentan los indicadores considerados por el CNA, que pueden llegar a ser impactados con los resultados obtenidos con la ejecución de un proyecto de I+D+i, agrupadas por los factores definidos por esta misma entidad:

Tabla 15. Cumplimiento de los objetivos del programa y coherencia con la Visión y Misión de la Universidad

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
1	Cumplimiento de los objetivos del programa y coherencia con la Visión y Misión de la Universidad	Coherencia entre los objetivos del programa y la visión, la misión y el proyecto Institucional de la Universidad

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 16. Estudiantes

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
2	Características de los estudiantes en el momento de su ingreso	Existencia de una estrategia para asegurar un número de estudiantes adecuado en el programa según su complejidad: Proporción de estudiantes con becas o con nombramientos como Asistentes de Docencia o de Investigación
3		Capacidad del programa de atraer estudiantes de otras instituciones, otras regiones del país y otros países: Proporción (%) de estudiantes que vienen de otras universidades y regiones del país Proporción (%) de estudiantes del exterior Capacidad del programa para atraer estudiantes de otras instituciones con el fin de realizar estadias, o trabajos

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
		específicos en un grupo de investigación
4	Permanencia y desempeño de los estudiantes durante el posgrado	Tasa de deserción de los estudiantes del posgrado
5		Número de publicaciones realizadas por los estudiantes del programa en revistas indexadas tanto nacionales como internacionales, así como el análisis del impacto de las mismas
6		Asistencia de los estudiantes a congresos y eventos científicos, tanto nacionales como internacionales, en los que presenten trabajos de investigación a nombre de la institución: Tasa promedio año de asistencia a eventos
7		Participación de los estudiantes en redes de investigación y en comunidades científicas
8	Características de los graduados del programa	Tiempo de duración promedio por estudiante, para la obtención del grado
9		Existencia de un perfil del egresado y cumplimiento del mismo

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 17. Características asociadas a los Profesores - Investigadores

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
10	Perfil de los profesores	Número adecuado de profesores de tiempo completo, con doctorado y con capacidad para dirigir tesis de grado
11		Número de profesores visitantes de universidades extranjeras o colombianas
12		Número de distinciones que los profesores han recibido en los últimos cinco años
13		Dedicación de los profesores a la investigación
14	Producción científica de los profesores	Número de publicaciones científicas de los profesores del programa en los últimos cinco años: Número de artículos en revistas internacionales indexadas Número de artículos en revistas nacionales indexadas Número de libros (con ISBN) producto de investigación. Número de capítulos en libros (con ISBN) producto de investigación. Otras publicaciones
15		Impacto de las publicaciones medido en términos de indicadores de citas bibliográficas y cocitaciones
16		Número de patentes, productos tecnológicos, productos de extensión que puedan ser considerados como factores de calidad u otro tipo de resultados de las investigaciones realizadas en los últimos cinco años.
17		Participación en Comités Editoriales
18	Relación	Número de estudiantes por tutor

19	Estudiante/Tutor	Número de tutores externos (sólo pueden ser co-tutores)
----	------------------	---

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 18. Procesos Académicos y Lineamientos Curriculares

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
20	Formación, Aprendizaje y Desarrollo de Investigadores: El papel de las Tutorías de Posgrado	Desarrollo de competencias básicas de investigación, mediante estrategias propias de cada campo de conocimiento: Capacidad de indagación de los estudiantes. Capacidad de pensamiento autónomo y dominio de los protocolos teóricos, experimentales y de las técnicas de investigación propias de su campo de saber. Capacidad de construir estados del arte y tendencias en un campo del conocimiento mediante el uso crítico de diversas fuentes de información. Capacidad de comunicación de avances y resultados de la investigación.
21		Estrategias y mecanismos de seguimiento por parte de los Tutores (Directores de Tesis o de los Trabajos de Grado) de las labores desarrolladas por los estudiantes
22		Número de Tesis Doctorales o Trabajos de Grado premiados por fuentes externas a la universidad
23	Formación del investigador en términos de su capacidad para comprender el entorno social y geopolítico de la ciencia	Relación entre el conocimiento generado por la ciencia y su aplicación en el sector productivo, incluyendo aspectos de emprendimiento y desarrollo empresarial.
24	Flexibilidad del Currículo	Convenios que faciliten, promuevan y garanticen la movilidad de estudiantes y profesores, mediante estadías de investigación en otras universidades nacionales y extranjeras

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 19. Investigación, generación de conocimiento y producción artística

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
25	Articulación de la Investigación al Programa	Existencia de uno o más grupos de investigación, consolidados de manera visible a través de sus productos
26	Los Grupos de Investigación y sus Líneas	Número de grupos de investigación relacionados con el programa
27		Número de investigadores por grupo y línea de investigación
28		Banco de proyectos de investigación de cada grupo: Número de proyectos terminados en los últimos cinco años

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
		Número de proyectos de investigación activos o en ejecución (Proyectos con financiación externa y proyectos con financiación interna)
29		Recursos financieros que el programa logró movilizar para el desarrollo del conjunto de proyectos de investigación en los últimos cinco años, ya sea de recursos externos o internos
30		Integración de los grupos de investigación en consorcios o redes que desempeñan un papel importante en su respectivo campo del conocimiento, o redes de reconocida trayectoria internacional
31		Las publicaciones científicas o académicas, patentes, desarrollos tecnológicos, ensayos y producción artística generados por las diversas personas vinculadas al programa
32	Productos de la Investigación y su Impacto	Valoración del aporte real de cada grupo de investigación que apoya el posgrado o del programa mismo, al avance del conocimiento en su respectiva área de la ciencia, la tecnología o las artes. ¿Cuál es la importancia de la contribución científica del programa por medio de las investigaciones que ha logrado adelantar?
33		El valor agregado o el logro de desarrollos artísticos en su entorno. Mencionar casos (o ejemplos) de generación de valor a partir del conocimiento

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 20. Articulación con el Entorno y Capacidad para Generar Procesos de Innovación

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
34		Posibilidad de tomar seminarios o cursos en campos complementarios a los del programa de posgrado ya sea en la propia universidad o en otras universidades, vía alianzas estratégicas
35	Posibilidad de Trabajo Inter y Transdisciplinario	Posibilidad de participar en las actividades de otros grupos de investigación relacionados con el programa de posgrado o con programas complementarios
36		Posibilidad de trabajar con Directores de Tesis que sean de otras universidades y programas, que aporten perspectivas diferentes a las del cuerpo docente del programa
37	Relevancia de las Líneas de Investigación y de las Tesis de Grado para el Desarrollo del País o de la Región	Existencia de líneas de investigación relacionadas con problemas o temas de desarrollo de la comunidad nacional, regional o local, o con problemas del sector productivo o de otros usuarios del conocimiento
38		Innovaciones, cambios o mejoras en el entorno (social o productivo), introducidas a partir de resultados de tesis de grado o trabajos de investigación de estudiantes, de proyectos de investigación realizados por el grupo, o de

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
		servicios de extensión ofrecidos por el programa. Esto se refiere a "Innovaciones Tecnológicas"
39	Experiencias de Interacción con el Entorno	Investigaciones desarrolladas en el Doctorado o en la Maestría sobre problemas o desafíos que se enfrentan a nivel nacional, regional o local
40		Número y temas de las Tesis de Grado que se han realizado sobre aspectos o problemas de interés para el desarrollo nacional, o para el desarrollo regional o local
41		Número de contratos con actores sociales del entorno (v.gr. empresas, gremios, agencias de gobierno, ONGs, etc.) para realizar investigación o servicios de consultoría relacionados con temas de su interés

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 21. Internacionalización, alianzas estratégicas e inserción en redes científicas globales

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
42	Internacionalización del currículo y bilingüismo	Oferta de seminarios y cursos de carácter internacional (temas internacionales)
43	Internacionalización de estudiantes y profesores (movilidad internacional)	Porcentaje de estudiantes extranjeros en el programa
44		Convenios de intercambio activos con universidades extranjeras
45		Profesores visitantes extranjeros en el programa
46		Profesores del programa como Profesores Visitantes en universidades extranjeras
47		Becas o proyectos de investigación financiadas por fuentes extranjeras
48	Internacionalización de la investigación	Participación en redes internacionales de investigación
49		Investigadores del programa que han hecho pasantías en grupos de investigación extranjeros
50		Proyectos de investigación conjuntos con universidades o centros de investigación extranjeros
51		Existencia de tesis de Doctorado o de Grado codirigidas por profesores en el extranjero
52		Acceso a laboratorios u otras facilidades de investigación en universidades extranjeras

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 22. Graduados y Análisis de Impacto

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
53	La producción científica de los graduados	Número de graduados se quedan en la propia universidad y cuántos en otras, en Colombia y en el exterior
54		Producción científica de los graduados: Número de publicaciones
55		Producción científica de los graduados registrada en las bases de datos internacionales de revistas indexadas (ISI y en SCOPUS)
56		Premios / distinciones científicas obtenidas por los graduados
57	Análisis del impacto del programa	Productividad académica de los graduados. Valoración de sus aportes al campo científico del programa

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Tabla 23. Recursos Físicos y Gestión Administrativa y Financiera

ÍTEM	CARACTERÍSTICA	INDICADOR
58	Infraestructura física adecuada	Capacidad, acondicionamiento y adecuada utilización de espacios físicos dedicados a la docencia (aulas, etc.) y a la investigación (laboratorios, etc.).
59		Dotación suficiente de las instalaciones para el trabajo individual y colectivo de los profesores y utilización adecuada de los mismos
60	Recursos Bibliográficos, Informáticos y de Comunicación	Adecuado apoyo en términos de material bibliográfico y bases de datos para las líneas de investigación que el programa desarrolla
61		Proporción entre el número de profesores y estudiantes del programa y el número de recursos informáticos, tales como computadores, programas de informática, conexiones a redes y multimedia

Fuente: Tabla construida a partir de (CNA, 2010)

Paralelo al Consejo Nacional de Acreditación existen otros rankings a nivel mundial que categorizan las universidades y sus logros investigativos de acuerdo a unos indicadores definidos. A continuación se explica el funcionamiento de dos de los principales rankings de este tipo:

### 9.2.1. Ranking de universidades

QS Quacquarelli Simonds fue fundado en 1990 y se ha convertido en una red líder a nivel mundial en educación superior<sup>11</sup>. QS desde el año 2004 define el ranking de las Universidades a nivel global año tras año a través del QS World University Rankings<sup>®</sup>, el cual es el de mayor prestigio según el estudio de Ellen Hazelkorn: “*Rankings and the reshaping of higher education. The battle for world-class excellence*” (HAZELKORN, 2011). Esta clasificación para el caso de Latinoamérica está dada por los siguientes indicadores (QS Intelligence Unit):

- Reputación académica: Se define a través de una encuesta mundial y se refiere a la reputación de la institución entre la comunidad académica. Este indicador tiene un peso de 30%.
- Reputación de empleador: Se define a través de una encuesta mundial y hace referencia a la capacidad de los estudiantes de conseguir empleo una vez finalizan sus estudios. Este indicador tiene un peso de 20%.
- Artículos por facultad: Es definido por SciVerse Scopus, plataforma de contenidos y aplicaciones que aceleran el descubrimiento científico<sup>12</sup>. Este indicador considera el volumen de la producción de la institución y tiene un peso del 10%.
- Citaciones por artículo: Es definido por SciVerse Scopus. Este indicador considera el desempeño de los artículos de la institución indexados en Scopus. Tiene un peso del 10%.
- Estudiantes de facultad: Es una proporción de la cantidad estudiantes que hay en la institución. Tiene un peso del 10%.
- Proporción de empleados con PhD: Porcentaje de empleados de la institución que cuentan con título de doctorado. Tiene un peso del 10%.

---

<sup>11</sup> Tomado de: <http://issuu.com/qslibrary/docs/iu-brochure-2011-fall1/2>

<sup>12</sup> Tomado de: <http://www.info.sciverse.com/what-sciverse>

- Impacto web: Determina la efectividad de la proyección en línea de las Instituciones. Es medido por Webometrics Ranking Web of World Universities. Tiene un peso del 10%.

### **9.2.2. Indicadores de la actividad investigadora**

La actividad investigadora en las Instituciones de Educación Superior en Iberoamérica es medida por el Ranking Iberoamericano SIR 2012 (Scimago Institutions Ranking). Este ranking está compuesto por los siguientes indicadores (Scimago Institutions Ranking, 2012):

PC - Producción Científica: Producción Científica de la institución medida en número de publicaciones en revistas científicas. PC ofrece una idea general del tamaño de una institución.

CI - Colaboración Internacional: Razón de publicaciones científicas de una institución que han sido elaboradas conjuntamente con instituciones de otros países.

CCP - Calidad Científica Promedio: Impacto científico de una institución después de eliminar la influencia del tamaño y el perfil temático de la institución. El CCP permite comparar instituciones de diferentes tamaños y con distintos perfiles de investigación.

Q1- Porcentaje de Publicaciones en Revistas del Primer Cuartil SJR: Indica el porcentaje de publicaciones que una institución ha publicado en revistas incluidas en el primer cuartil (25%) ordenadas por el indicador SJR. El indicador SJR mide la influencia o prestigio científico de las revistas mediante el análisis de la cantidad y la procedencia de las citas que recibe una revista científica. Su uso se ha extendido a través del portal SCImago Journal & Country Rank y es utilizado por Elsevier en su índice de citas Scopus.

ER - Ratio de Excelencia: El Ratio de Excelencia indica el porcentaje de la producción de una institución que se encuentra incluido en el 10% de los trabajos más citados del mundo en sus respectivos campos científicos. Es un indicador de

la producción científica de alta calidad que produce una institución. (Mayor información sobre el indicador Excellence Rate en: [www.leydesdorff.net](http://www.leydesdorff.net)).

### **9.3. INDICADORES A NIVEL EMPRESARIAL**

En Colombia, anualmente la revista Semana publica una edición especial que presenta el ranking de las 100 empresas más grandes del país. A continuación se presentan los indicadores que considera este ranking a nivel empresarial (Revista Semana, 2012):

- Ventas.
- Utilidad operacional.
- Utilidad neta.
- EBITDA.
- Activos.
- Pasivos.
- Patrimonio.

### **9.4. INDICADORES DE MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD**

Los indicadores que se pueden llegar a impactar por medio de los proyectos de I+D+i en temas de medio ambiente y sociedad pueden ser específicos de las áreas de desarrollo del proyecto como tal. A continuación se presenta un listado genérico sugerido por COLCIENCIAS (Convocatoria 562 COLCIENCIAS, 2012):

- Consumo de energía y agua.
- Consumo de recursos naturales.
- Generación de emisiones, vertimientos y residuos sólidos.
- Calidad del medio ambiente.

- Riesgos para la salud humana.
- Aprovechamiento sostenible de nuevos recursos naturales.
- Efectos sobre preservación de la biodiversidad.
- Mejoramiento de la calidad de vida.
- Beneficios de los interesados relacionados con el proyecto.

## **10.CASO DE ESTUDIO: DIAGNO**

La Universidad EAFIT, a través del Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial, desarrolla de manera conjunta con la empresa Metro de Medellín Ltda. y con la cofinanciación de COLCIENCIAS, el proyecto denominado: “Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: *DiagnoVisión-Rueda* y *DiagnoDefecto-Rueda*”, el cual para efectos prácticos a lo largo de este capítulo será llamado bajo su acrónimo: DIAGNO.

A continuación se presenta una breve descripción de este proyecto, junto con la aplicación del método propuesto para la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo y las herramientas que apoyan cada una de las etapas.

### **10.1. LA IDEA: OPORTUNIDAD QUE ORIGINÓ EL PROYECTO**

La empresa Metro de Medellín trabaja permanentemente para mejorar sus estándares operativos y de mantenimiento donde la seguridad y el confort son aspectos críticos para ofrecer un servicio de calidad.

La aparición de grietas y defectos en las ruedas puede comprometer seriamente la seguridad de circulación de los trenes, además de afectar el confort de los pasajeros y deteriorar el estado de los demás componentes mecánicos de los vehículos.

Actualmente se programan rutinas manuales de inspección de ruedas que permiten detectar a tiempo dichos problemas, pero deben ser actividades planeadas y bien gestionadas, porque los vehículos a inspeccionar requieren ser sacados de circulación de manera temporal, lo cual afecta de manera directa la disponibilidad de trenes.

Este proyecto propone el desarrollo de dos equipos para la evaluación automática de ruedas ferroviarias. El primero es un equipo denominado DiagnoVisión-Rueda, el cual se caracteriza por utilizar la tecnología de visión artificial y tiene como finalidad la obtención del perfil y los parámetros geométricos de la rueda. El segundo es un equipo para reconocimiento de defectos geométricos por medio de mediciones dinámicas, el cual permitirá el control de las tensiones en la interacción rueda-riel. Este equipo, DiagnoDefecto-Rueda, disminuirá el riesgo de que se produzca un fallo repentino de una rueda, y que esto pueda ocasionar un descarrilamiento. Los principales beneficios que se obtendrán con este proyecto son:

- Disminución en los costos de mantenimiento de trenes.
- Aumento de la disponibilidad de trenes.
- Automatización de rutinas de evaluación técnica y diagnóstico de ruedas ferroviarias.
- Incorporación de nuevas tecnologías en los procesos que desarrolla internamente el Metro de Medellín para realizar las tareas de mantenimiento.
- Fortalecimiento de los vínculos entre empresa y Universidad para el desarrollo de proyectos de investigación.
- Mejoramiento de la productividad y la calidad de la empresa Metro de Medellín.
- Reducción de costos operativos.
- Aumento de la vida útil de los componentes mecánicos en el vehículo.
- Aumento de la seguridad en marcha.
- Mejoramiento del control de mediciones en ruedas ferroviarias.
- Aplicación de los resultados de la investigación en acciones que contribuyan directamente a aumentar la competitividad de la economía.
- Eliminación o reducción de riesgos para la salud humana.

- Liderar en Latinoamérica los procesos de innovación e investigación en el tema de optimización de la interacción rueda-riel.

## **10.2. LA IDEA: MODELO DEL PROYECTO**

El modelo bajo el cual se creó el proyecto DIAGNO, que sirvió como insumo para la creación de la propuesta presentada a COLCIENCIAS, fue desarrollado en el marco del primer vértice de La Idea. A continuación se presenta dicho modelo

### **10.2.1. Segmento de mercado**



DIAGNO está dirigido a un segmento especializado del que hacen parte los operadores de transporte ferroviario.

El beneficiario o cliente del proyecto es el Metro de Medellín Ltda, específicamente el Área de Operación de trenes que será el área encargada de recibir y operar los equipos que automatizarán la evaluación técnica de ruedas ferroviarias. El Área de Ingeniería del Metro participará como coordinadora dentro del proyecto.

### **10.2.2. Propuesta de valor**



La propuesta de valor que ofrece DIAGNO se caracteriza por la personalización, vista como la creación de unos equipos que cubran una necesidad específica del cliente.

DIAGNO plantea el desarrollo de tecnologías que automaticen las labores de mantenimiento de las ruedas de los trenes, generando una reducción en los tiempos y la mano de obra involucrada, que finalmente se verán traducidos en una

reducción de costos de mantenimiento y un aumento de la disponibilidad de los trenes.

### **10.2.3. Canales**



DIAGNO presenta un canal directo, caracterizado por un trabajo estrecho entre las entidades participantes: EAFIT, como ejecutora; Metro, como beneficiaria; y COLCIENCIAS como cofinanciadora.

EAFIT a través de su Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial – GEMI, gestionará y ejecutará el proyecto de acuerdo a los requisitos que defina el Metro de Medellín. Además manejará la relación con COLCIENCIAS a quién rendirá informes técnicos y financieros periódicos del desempeño del proyecto.

### **10.2.4. Relaciones con el cliente**



La relación entre el Metro de Medellín y la Universidad EAFIT estará coordinada por un responsable del proyecto por cada una de las partes, quienes serán los encargados de gestionar y canalizar la información dentro de cada una de las entidades, hacia las áreas o dependencias que la requieran.

### **10.2.5. Fuentes de ingreso**



Las fuentes de ingreso para DIAGNO provienen de tres partes:

- COLCIENCIAS: entregará el monto en efectivo aprobado según la propuesta en un único desembolso para ser administrado y ejecutado por la Universidad EAFIT.

- Metro de Medellín: entregará el monto en efectivo una vez se apruebe y legalice la propuesta, en un único desembolso para ser administrado y ejecutado por la Universidad EAFIT. En cuanto a los recursos en especie requeridos garantizará su disponibilidad de acuerdo a un plan o cronograma que acuerden entre EAFIT y Metro.
- Universidad EAFIT: como entidad ejecutora no requiere generar un desembolso, pero debe garantizar la disponibilidad de recursos al momento de ser requeridos ya sean en efectivo o en especie.

#### **10.2.6. Recursos clave**



A continuación se presentan los recursos clave que se requieren para la ejecución del proyecto DIAGNO:

##### Recursos físicos:

- Infraestructura: Espacio para labores de I+D+i.
- Equipos existentes: Perfiladora de ruedas, banco calibración de bogies, vías, Miniprof ruedas y rieles, grúas, tren, computadores.

##### Recursos humanos:

- Personal de la Universidad: director del proyecto, coordinador técnico, investigadores, asistentes de investigación, auxiliares de investigación, monitores de investigación.
- Personal del Metro: Directivos. Ingenieros y técnicos.

Recursos económicos: los recursos económicos son requeridos para la adquisición de:

- Bibliografía: Normas y libros especializados en mantenimiento de ruedas ferroviarias, temas de la interfaz rueda riel, desarrollo de equipos por visión artificial, detección de defectos geométricos.
- Acceso a bases de datos internacionales: Obtención de información técnica para el desarrollo de los equipos.
- Equipos a adquirir: computadores de alto desempeño, sistema de identificación de trenes.
- Equipos a desarrollar: Equipo DiagnoDefecto-Rueda y Equipo DiagnoVision-Rueda, compuestos por tecnologías de monitoreo y de adquisición de datos, láseres y cámaras de visión artificial.
- Registro de propiedad intelectual: solicitud de registro de patente de los equipos desarrollados.
- Publicación, difusión y divulgación de resultados: congresos nacionales e internacionales, artículos técnicos, afiches, prensa, radio.
- Licencias de software: Software para modelación 3D, planos, programación de algoritmos, análisis de elementos finitos, simulación, procesamiento de datos.

#### **10.2.7. Actividades clave**



Las actividades clave que se deben cumplir dentro del proyecto DIAGNO de acuerdo a los equipos a desarrollar, se presentan a continuación:

- Estudio de defectos geométricos de ruedas ferroviarias.
- Diseño de la estructura funcional.
- Selección de las tecnologías que los componen.
- Configuración del hardware.
- Desarrollo de algoritmos computacionales.
- Desarrollo del sistema de identificación de trenes.

- Construcción.
- Integración de hardware y software.
- Instalación.
- Integración de ambos equipos.
- Pruebas.
- Elaboración de la documentación técnica.
- Capacitar al personal.
- Implementar los equipos en las rutinas de mantenimiento
- Evaluación de los equipos por parte de un instituto ferroviario internacional.
- Gestión de propiedad intelectual.
- Elaboración de informes de avance y final.

#### **10.2.8. Asociaciones clave**



Las asociaciones claves de las que se dispone en DIAGNO con sus respectivas funciones son:

- Instituto internacional para la revisión de los algoritmos de programación del equipo de DiagnoDefecto-Rueda.
- Instituto internacional para la revisión del Desarrollo del equipo DiagnoVision-Rueda.
- Empresas locales encargadas de la verificación y validación de los algoritmos computacionales de los equipos.
- Institutos ferroviarios europeos que contribuyan técnicamente al desarrollo del proyecto (Misión tecnológica).
- Proveedores de la Universidad EAFIT.
- Proveedores Metro de Medellín.

### 10.2.9. Estructura de costos



DIAGNO presentará una estructura de costos distribuida porcentualmente de la siguiente manera:

Tabla 24. Distribución de costos por entidad

ENTIDAD	APORTE ESPECIE	APORTE EFECTIVO	TOTAL
Universidad EAFIT	15%	10%	25%
Metro de Medellín	30%	15%	45%
COLCIENCIAS	-	30%	30%
<b>TOTAL</b>	45%	55%	100%

Los rubros que requieren mayor participación son:

Costos operativos: 30% (Uso de tren, vías y equipos de mantenimiento de ruedas).

Personal: 30% (Director, investigadores, asistentes, ingenieros, auxiliares)

Equipos: 20% (Tecnologías que componen los equipos DiagnoDefecto-Rueda y DiagnoVision-Rueda, sistema de identificación de trenes, computadores de alto desempeño)

Otros: 20%

A partir del modelo de proyecto planteado para DIAGNO se procede a avanzar hacia el segundo vértice: La Propuesta.

### 10.3. LA PROPUESTA

La Propuesta de DIAGNO fue presentada y aprobada por la convocatoria de COLCIENCIAS número 502: Banco de Proyectos y Programas I+D+i – Modalidad cofinanciación, en el año 2010.

La propuesta se desarrolló bajo el modelo para la creación de propuestas de I+D+i, definido en el presente estudio.

Adicionalmente el grupo GEMI, durante el presente año 2012 ha estructurado las siguientes propuestas de I+D+i en sistemas de monitoreo:

a. Repotenciación (Refurbishing) de coches de vehículos ferroviarios. Caso: Optimización de la traviesa pivote como elemento tecnológico principal de la caja de pasajeros.

Participantes: Universidad EAFIT, Metro de Medellín y COLCIENCIAS.

Estado: En proceso de evaluación por parte de COLCIENCIAS.

b. Optimización de componentes del Sistema Metrocable.

Participantes: Universidad EAFIT, Metro de Medellín y COLCIENCIAS.

Estado: En proceso de presentación a COLCIENCIAS.

c. Red de Monitoreo de Puentes Inteligentes – Red TT.

Participantes: Universidad EAFIT y Alcaldía de Medellín.

Estado: En proceso de presentación al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Emergencia y Desastres de Medellín (Dagred – Antiguo SIMPAD).

#### **10.4. EL PRODUCTO**

El proceso para la creación de los equipos que componen el sistema DIAGNO, está basado en las normas: UNE-EN 50126: 2005, ISO/IEC 12207:2008, IEEE STD 1062:1998, ISO/IEC 9126 e ISO/IEC 14598; y en el proceso de ciclo de vida, propuesto por Blanchard y Fabrycky, los cuales fueron los insumos para la creación, por parte del Grupo GEMI, del documento MSA-211 (Procedimiento para la adquisición, evaluación, recepción y mantenimiento de los aplicativos de software para la operación):

El proyecto busca generar dos equipos DiagnoVision-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda, estos equipos junto con otros sistemas desarrollados en el pasado serán integrados en el sistema denominado *Herramientas de Diagnóstico de los modos de transporte del Metro de Medellín*. El desarrollo de este sistema nutre inicialmente el proceso de concepción de los equipos, para luego en las últimas etapas verse abastecido de los resultados alcanzados por la generación de los equipos.

El proceso para la creación de los equipos como tal está dividido en cinco etapas:

- Etapa 1. Especificación del equipo: en esta etapa se busca definir los requerimientos que deberá satisfacer el equipo una vez sea implantado en el Metro de Medellín. Para esto se genera un primer informe en el cual se plasman los requisitos de los interesados en el desarrollo del equipo al interior de la empresa Metro de Medellín, a partir de estos requisitos se genera una lista de requerimientos basada en los siguientes criterios de calidad: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Estos requisitos deberán ser avalados por el Metro de Medellín y serán considerados como la base del trabajo de los desarrolladores de la Universidad EAFIT.

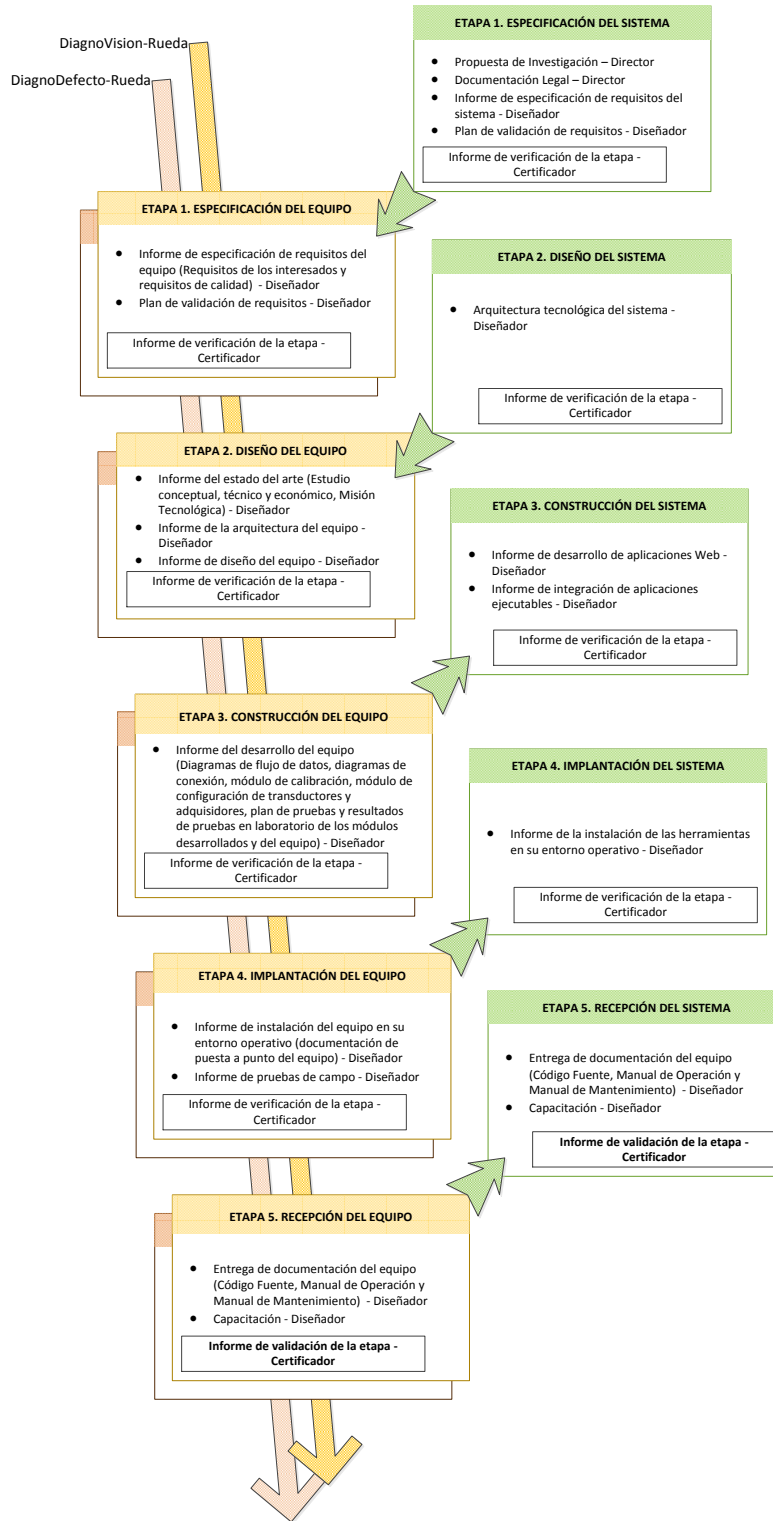
Paralelamente deberá ser generado un segundo documento que presenta un plan de validación de requisitos, el documento pretende discutir desde el inicio los posibles mecanismos de validación de cada uno de los criterios de calidad antes mencionados, una vez el equipo sea dado en custodia al responsable en la empresa Metro de Medellín.

- Etapa 2. Diseño del equipo: con base en los requerimientos establecidos el grupo de diseñadores inicia la concepción del equipo, este proceso es debidamente documentado y deberá partir de un estudio del Estado del Arte o Estado Actual en el desarrollo de equipos del mismo tipo, luego debe ser establecida una estructura general del equipo con base en la información

consultada y en la experiencia del diseñador, por último se registra el diseño de la opción seleccionada por las partes (Universidad EAFIT y Metro de Medellín) para el desarrollo del equipo.

- Etapa 3. Construcción del equipo: el objetivo principal de esta etapa es documentar el desarrollo del equipo, se incluye entre otros los siguientes aspectos: diagramas de flujo de datos, diagramas de conexión, módulo de calibración, módulo de configuración de transductores y sistemas de adquisición de datos, plan de pruebas y resultados de pruebas en laboratorio de los módulos desarrollados y del equipo.
- Etapa 4. Implantación del equipo: se refiere a la instalación del equipo en su entorno operativo, debe ser documentado este proceso, además debe ser definido un plan de pruebas que garantice la puesta a punto del equipo. Se busca dejar en esta etapa el equipo operativo en su ambiente de trabajo.
- Etapa 5. Recepción del equipo: el objetivo de esta etapa es realizar la entrega del equipo a la empresa Metro de Medellín, dentro de la entrega se contempla el equipo como tal y su documentación asociada (incluyendo aplicaciones de software), además se dan las capacitaciones requeridas al personal que estará involucrado con él después de la recepción y por último se validará el cumplimiento de los requisitos establecidos en un inicio con base en el plan de validación acordado.

Figura 69. Proceso de creación del sistema



Fuente: (GEMI, 2012)

El proceso de desarrollo del sistema *Herramientas de Diagnostico de los modos de transporte del Metro de Medellín*, contempla en general las mismas etapas consideradas para el desarrollo de los equipos y en cada una se genera una documentación de respaldo del proceso.

Como se observa en la figura anterior, cada una de las etapas es verificada por un ente externo, que al final validará el cumplimiento de los requisitos exigidos para la aceptación de la recepción del equipo por parte de la empresa Metro de Medellín.

## 10.5. LA VALORACIÓN

Los resultados que se esperan obtener con el desarrollo y la finalización del proyecto DIAGNO son presentados en las siguientes tablas de acuerdo a las categorías definidas en el cuarto vértice, La Valoración, en orden jerárquico:

Tabla 25. Resultados de Fortalecimiento comunidad científica (Formación)

TIPO DE PRODUCTO	RESULTADOS DIAGNO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO
Tesis de Maestría	Trabajos de grado de Maestría	Proyectos de maestría en los temas relacionados con el desarrollo de los equipos	5	0,5
Programa de Maestría	Formación de estudiantes de Maestría en Ingeniería	Formación en los temas relacionados con el desarrollo de los equipos	5	0,5
Otro	Formación de estudiantes de Pregrado	Revisión bibliográfica de evaluación técnica de ruedas ferroviarias	4	0,1
	Capacitación de estudiantes de carreras tecnológicas	Manejo de herramientas modernas de mantenimiento para la evaluación técnica de ruedas	2	0,1

Como resultado de multiplicar el peso de cada producto por su cantidad, se obtiene un valor para DIAGNO en Formación de: 5,6.

Tabla 26. Resultados de Apropiación social del conocimiento (Divulgación)

TIPO DE PRODUCTO	RESULTADOS DIAGNO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO
Productos de divulgación	Divulgación de resultados	Afiche del proyecto publicado por el Metro en sus estaciones	1	1,0
		Presentación trabajos del Metro con Colciencias en la prensa	1	1,0
Literatura de circulación restringida	Informes técnicos	Reportes que contienen información técnica del diseño, desarrollo y construcción de los equipos	40	1,0
Evento	Participación en eventos académicos y científicos	Participación en congresos académicos (nacionales e internacionales)	5	1,0
Memorias	Capacitaciones	Capacitaciones al Metro de Medellín en el uso, operación y mantenimiento de los equipos	5	1,0

Como resultado de multiplicar el peso de cada producto por su cantidad, se obtiene un valor para DIAGNO en Divulgación de: 52.

Tabla 27. Resultados de Generación de nuevo conocimiento

TIPO DE PRODUCTO	RESULTADOS DIAGNO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO
Capacidades de innovación tecnológica	Capacidades de innovación tecnológica	Desarrollo de sistemas de diagnóstico utilizando mediciones dinámicas y de visión artificial	2	2,0
Mejoramiento de la calidad	Eficiencia	Ahorros por investigación y desarrollo en la Gerencia de Operaciones	Se mide al entrar los equipos en operación	2,0
	Eficacia	Reducción de atrasos por causas operativas controlables Metro	Se mide al entrar los equipos en operación	2,0
Mejoramiento del servicio al cliente	Mejoramiento del servicio al cliente	Mayor disponibilidad de trenes	Se mide al entrar los equipos en operación	2,0

TIPO DE PRODUCTO	RESULTADOS DIAGNO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO
Misiones tecnológicas o comerciales	Misión tecnológica	Construcción de relaciones internacionales de tipo académico e investigativo en equipos de diagnóstico para sistemas de transporte  Tecnologías para la operación y modernización de sistemas de transporte masivo	2	2,0
Productividad y calidad	Eficiencia	Ahorro del costo de ciclo de vida (%): Ahorros por investigación y desarrollo en la Gerencia de Operaciones/Presupuesto ejecutado por la Gerencia de Operaciones en repuestos y materiales en el año	Se mide al entrar los equipos en operación	2,0
		Porcentaje de participación en el costo ponderado del tiquete	Se mide al entrar los equipos en operación	2,0
Artículo de investigación	Publicado en revista A1 o A2	Presentación de artículos en revistas indexadas internacionalmente	2	1,0
Cooperaciones	Cooperaciones internacionales	Institutos de transporte ferroviario europeos	2	1,0
Divulgación general	Divulgación general	Afiche	1	1,0
		Noticias en prensa local	1	1,0
		Video	1	1,0
Fortalecimiento de la comunidad científica	Fortalecimiento de la comunidad científica	Participación en congresos académicos	5	1,0
		Proyectos de maestría	5	1,0
		Formación de estudiantes de Maestría en Ingeniería	5	1,0
		Formación de estudiantes de Pregrado	4	1,0
		Capacitación de estudiantes de carreras tecnológicas	2	1,0
		Artículos en revistas especializadas	6	1,0
		Patente	2	1,0

TIPO DE PRODUCTO	RESULTADOS DIAGNO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO
Nuevos productos	Nuevos productos	Equipo para el escaneo de ruedas y equipo para el reconocimiento de defectos geométricos	2	1,0
Ponencias	Participación en eventos académicos y científicos	Ponencias en congresos académicos (nacionales e internacionales)	5	1,0
Video	Video	Resultados del proyecto de investigación	1	1,0
Artículo de investigación	Publicado en revista B	Presentación de artículos en revistas indexadas internacionalmente	2	0,7
	Publicado en revista C	Presentación de artículos en revistas indexadas internacionalmente	1	0,4
	Publicado en otra revista verificada	Presentación de artículos en revistas indexadas internacionalmente	1	0,2
Producto patentado	Patente	Equipo para el escaneo de ruedas (hardware y software) y equipo para reconocimiento de defectos geométricos (hardware y software)	2	0,2

Como resultado de multiplicar el peso de cada producto por su cantidad, se obtiene un valor para DIAGNO en Divulgación de: 54,4.

Por tanto una vez obtenida La Valoración por cada una de las clasificaciones de productos, se procede a multiplicar cada una de ellas por su importancia según lo presentado en la Ecuación 1, obteniéndose el siguiente resultado:

$$Valoración_{DIAGNO} = 303,6$$

Figura 70. Valoración de resultados DIAGNO



La anterior figura representa gráficamente La Valoración de los resultados del proyecto DIAGNO, la cual por el momento no presenta mucho significado por sí sola, dado que no se está comparando respecto a ningún otro proyecto de I+D+i, pero que por lo menos establece un patrón de medida para estructurar los resultados de los proyectos que desarrolla y que ha desarrollado el Grupo GEMI bajo esta valoración, con el fin de poder compararlos bajo el peso de sus resultados.

## 10.6. EL IMPACTO

Los impactos de DIAGNO serán analizados desde la perspectiva de la Entidad Ejecutora: la Universidad EAFIT; a partir de los resultados que se esperan obtener al finalizar el proyecto. A continuación se presentan los indicadores (según los dados por el CNA) a los que se impacta con los resultados del proyecto:

Tabla 28. Cumplimiento de los objetivos del programa y coherencia con la Visión y Misión de la Universidad caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
<p>Coherencia entre los objetivos del programa y la visión, la misión y el proyecto Institucional de la Universidad</p>	<p>Coherencia con la Misión Contribuye al progreso social, económico, científico y cultural del país. Activa los procesos de investigación científica y aplicada, en interacción permanente con los sectores empresarial, gubernamental y académico</p> <p>Coherencia con la Visión Contribuye a los logros académicos e investigativos porque: Desarrolla la capacidad intelectual de los alumnos y profesores con la investigación como soporte básico. Mantiene vínculos con otras instituciones educativas, nacionales e internacionales, para continuar el mejoramiento de los profesores y los programas. Contribuye al progreso de la Nación al ser un proyecto innovador de investigación</p>

Tabla 29. Estudiantes caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
<p>Existencia de una estrategia para asegurar un número de estudiantes adecuado en el programa según su complejidad: Proporción de estudiantes con becas o con nombramientos como Asistentes de Docencia o de Investigación</p>	<p>5 Asistentes de investigación</p>
<p>Capacidad del programa de atraer estudiantes de otras instituciones, otras regiones del país y otros países: Proporción (%) de estudiantes que vienen de otras universidades y regiones del país Proporción (%) de estudiantes del exterior Capacidad del programa para atraer estudiantes de otras instituciones con el fin de realizar estadías, o trabajos específicos en un grupo de investigación</p>	<p>1 estudiantes de Maestría en Ingeniería que viene de otra universidad y región del país 1 estudiantes de Maestría en Ingeniería del exterior 1 estudiantes de pregrado en Ingeniería del exterior</p>
<p>Número de publicaciones realizadas por los estudiantes del programa en revistas indexadas tanto nacionales como internacionales, así como el análisis del impacto de las mismas</p>	<p>2 publicaciones (1 - Publicado en revista C; 1 - Publicado en otra revista verificada con H Index: 4)</p>
<p>Asistencia de los estudiantes a congresos y eventos científicos, tanto nacionales como internacionales, en los que presenten trabajos de investigación a nombre de la institución: Tasa promedio año de asistencia a eventos</p>	<p>3 estudiantes en congresos nacionales en los que se presentaron trabajos de investigación a nombre de la institución</p>
<p>Existencia de un perfil del egresado y cumplimiento del mismo</p>	<p>Contribuye con el proceso formativo de profesionales de la ingeniería desarrollando en ellos habilidades para</p>

INDICADOR	APORTE DIAGNO
	la investigación

Tabla 30. Características asociadas a los Profesores – Investigadores caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Número adecuado de profesores de tiempo completo, con doctorado y con capacidad para dirigir tesis de grado	1 profesor con doctorado como investigador principal
Número de distinciones que los profesores han recibido en los últimos cinco años	11 distinciones
Dedicación de los profesores a la investigación	1 profesor dedicado 1/2 tiempo 2 profesores dedicados 1/4 de tiempo 3 profesores dedicados 1/8 de tiempo
Número de publicaciones científicas de los profesores del programa en los últimos cinco años: Número de artículos en revistas internacionales indexadas Número de artículos en revistas nacionales indexadas Número de libros (con ISBN) producto de investigación. Número de capítulos en libros (con ISBN) producto de investigación. Otras publicaciones	2 Publicados en revista A1 o A2 1 Publicado en revista B 1 Publicado en revista C
Número de patentes, productos tecnológicos, productos de extensión que puedan ser considerados como factores de calidad. u otro tipo de resultados de las investigaciones realizadas en los últimos cinco años.	2 registros de patente
Número de estudiantes por tutor	5 estudiantes de Maestría en Ingeniería

Tabla 31. Procesos Académicos y Lineamientos Curriculares caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Desarrollo de competencias básicas de investigación, mediante estrategias propias de cada campo de conocimiento: Capacidad de indagación de los estudiantes. Capacidad de pensamiento autónomo y dominio de los protocolos teóricos, experimentales y de las técnicas de investigación propias de su campo de saber. Capacidad de construir estados del arte y tendencias en un campo del conocimiento mediante el uso crítico de diversas fuentes de información. Capacidad de comunicación de avances y resultados de la investigación.	5 Trabajos de grado de Maestría
Estrategias y mecanismos de seguimiento por parte de los Tutores (Directores de Tesis o de los Trabajos de Grado) de las labores desarrolladas por los estudiantes	5 Trabajos de grado de Maestría 40 Informes técnicos

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Relación entre el conocimiento generado por la ciencia y su aplicación en el sector productivo, incluyendo aspectos de emprendimiento y desarrollo empresarial.	Diseño y construcción de dos equipos para la automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias

Tabla 32. Investigación, generación de conocimiento y producción artística caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Existencia de uno o más grupos de investigación, consolidados de manera visible a través de sus productos	Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial
Número de grupos de investigación relacionados con el programa	Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial
Número de investigadores por grupo y línea de investigación	1 Investigador principal 1 Coordinador técnico 4 Co-Investigadores 5 Asistentes de Investigación
Banco de proyectos de investigación de cada grupo: Número de proyectos terminados en los últimos cinco años Número de proyectos de investigación activos o en ejecución (Proyectos con financiación externa y proyectos con financiación interna)	Proyecto: Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVisión-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda
Recursos financieros que el programa logró movilizar para el desarrollo del conjunto de proyectos de investigación en los últimos cinco años, ya sea de recursos externos o internos	\$ 2.336.014.060
Las publicaciones científicas o académicas, patentes, desarrollos tecnológicos, ensayos y producción artística generados por las diversas personas vinculadas al programa	6 publicaciones científicas 2 patentes
Valoración del aporte real de cada grupo de investigación que apoya el posgrado o del programa mismo, al avance del conocimiento en su respectiva área de la ciencia, la tecnología o las artes. ¿Cuál es la importancia de la contribución científica del programa por medio de las investigaciones que ha logrado adelantar?	Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para disminuir sus costos de operación y aumentar la disponibilidad de los vehículos
El valor agregado o el logro de desarrollos artísticos en su entorno. Mencionar casos (o ejemplos) de generación de valor a partir del conocimiento	Diseño y construcción de dos equipos para la automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias

Tabla 33. Articulación con el Entorno y Capacidad para Generar Procesos de Innovación caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Existencia de líneas de investigación relacionadas con problemas o temas de desarrollo de la comunidad nacional, regional o local, o con problemas del sector productivo o de otros usuarios del conocimiento	Investigación aplicada al sector de transporte para disminuir sus costos de operación y aumentar la disponibilidad de los vehículos
Innovaciones, cambios o mejoras en el entorno (social o productivo), introducidas a partir de resultados de tesis de grado o trabajos de investigación de estudiantes, de proyectos de investigación realizados por el grupo, o de servicios de extensión ofrecidos por el programa. Esto se refiere a "Innovaciones Tecnológicas"	Diseño y construcción de dos equipos para la automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias
Investigaciones desarrolladas en el Doctorado o en la Maestría sobre problemas o desafíos que se enfrentan a nivel nacional, regional o local	Proyecto: Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVisión-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda
Número y temas de las Tesis de Grado que se han realizado sobre aspectos o problemas de interés para el desarrollo nacional, o para el desarrollo regional o local	5 Trabajos de grado de Maestría relacionados con el desarrollo de dos equipos para la Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias
Número de contratos con actores sociales del entorno (v.gr. empresas, gremios, agencias de gobierno, ONGs, etc.) para realizar investigación o servicios de consultoría relacionados con temas de su interés	1 contrato para el desarrollo del proyecto entre EAFIT - METRO - COLCIENCIAS

Tabla 34. Internacionalización, alianzas estratégicas e inserción en redes científicas globales caso DIAGNO

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Porcentaje de estudiantes extranjeros en el programa	1 estudiantes de Maestría en Ingeniería del exterior 1 estudiantes de pregrado en Ingeniería del exterior
Profesores visitantes extranjeros en el programa	2 profesores provenientes de la República de Polonia

Tabla 35. Graduados y Análisis de Impacto

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Número de graduados se quedan en la propia universidad y cuántos en otras, en Colombia y en el exterior	2 Egresados de la Maestría en Ingeniería trabajando en el proyecto
Producción científica de los graduados: Número de publicaciones	2 Publicados en revista A1 o A2 1 Publicado en revista B

INDICADOR	APORTE DIAGNO
	1 Publicado en revista C
Producción científica de los graduados registrada en las bases de datos internacionales de revistas indexadas (ISI y en SCOPUS)	3 publicaciones en las bases de datos internacionales de revistas indexadas
Productividad académica de los graduados. Valoración de sus aportes al campo científico del programa	5 Trabajos de grado de Maestría relacionados con el desarrollo de dos equipos para la Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias

Tabla 36. Recursos Físicos y Gestión Administrativa y Financiera

INDICADOR	APORTE DIAGNO
Capacidad, acondicionamiento y adecuada utilización de espacios físicos dedicados a la docencia (aulas, etc.) y a la investigación (laboratorios, etc.).	Uso de un espacio de 50 m <sup>2</sup> para el desarrollo de actividades de investigación
Dotación suficiente de las instalaciones para el trabajo individual y colectivo de los profesores y utilización adecuada de los mismos	Uso de un espacio de 50 m <sup>2</sup> para el desarrollo de actividades de investigación
Adecuado apoyo en términos de material bibliográfico y bases de datos para las líneas de investigación que el programa desarrolla	Adquisición de más de 50 recursos bibliográficos (normas y libros) para apoyo a la investigación en los temas del proyecto
Proporción entre el número de profesores y estudiantes del programa y el número de recursos informáticos, tales como computadores, programas de informática, conexiones a redes y multimedia	6 profesores y 5 estudiantes, 11 computadores, 13 licencias de software avanzado en ingeniería

## CONCLUSIONES

- Se estableció un método para la gestión de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación en sistemas de monitoreo que está compuesto por cinco vértices que representan cada una de sus etapas, partiendo de la generación de La Idea, la evolución de la misma hacia La Propuesta, su materialización (El Producto), La Valoración de los resultados obtenidos y El Impacto que generan.
- Se construyó un marco referencial sobre las etapas y las áreas de gestión de un proyecto de la siguiente manera:

### Etapas:

- Iniciación.
- Planificación.
- Ejecución.
- Seguimiento y Control.
- Cierre.

### Áreas de gestión

- La Integración.
- El Alcance.
- El Tiempo.
- Los Costos.
- La Calidad.
- Los Recursos Humanos.
- Las Comunicaciones.
- Los Riesgos.
- Las Adquisiciones.

- Se identificaron las siguientes herramientas que apoyan la gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo por cada una de las etapas del método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i, propuesto:
  - Primer vértice - La Idea: Lienzo para la generación de modelos de proyecto.
  - Segundo vértice – La Propuesta: Modelo para creación de propuestas de I+D+i.
  - Tercer vértice – El Producto: Proceso de creación de Sistemas de Ingeniería.
  - Cuarto vértice – La Valoración: Jerarquización de los resultados de los proyecto de I+D+i.
  - Quinto vértice – El Impacto: Relación entre los resultados del proyecto y los Indicadores de las Instituciones de Educación Superior.
  
- Se aplicó el método y las herramientas establecidas al caso de estudio de: Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVision-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda (DIAGNO).
  
- Se logró la divulgación del método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i y el caso DIAGNO, a través del portal web del Grupo GEMI: <http://www.eafit.edu.co/gemi>

## RECOMENDACIONES

- Al momento de iniciar el proceso de creación de un proyecto de I+D+i se deben tener presentes los impactos que tendrá sobre los indicadores estratégicos de las entidades participantes, esto con el fin de maximizar los beneficios que puede traer consigo la consecución de resultados y justificar de manera concreta y objetiva la realización del proyecto.
- Es importante profundizar en la relación que se presenta entre los resultados obtenidos con un proyecto de I+D+i y sus impactos en los indicadores estratégicos de la empresa, y llevarlos a una escala mayor de sector, región o país.
- La comprensión global de un proyecto de I+D+i desde la generación de la idea hasta la cuantificación de sus impactos desde la perspectiva de las Instituciones de Educación Superior, hace cada vez más latente el concepto de Universidades de tercera generación, donde su base son las actividades de I+D+i y sus principales activos el conocimiento y la tecnología, integrándole a sus procesos académicos y formativos un rol como incubadoras de nuevas empresas.

### **Trabajo futuro:**

- Estructurar La Valoración de los resultados de los proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo que desarrolla y ha desarrollado el Grupo GEMI, con el fin de establecer comparaciones entre proyectos.
- Compartir el método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i propuesto con otros investigadores de la Universidad EAFIT y de otras Instituciones, con

el fin de robustecerlo desde otras perspectivas, y convertirlo en una guía y un acompañamiento para las personas involucradas con la gestión de este tipo de proyectos.

- Continuar con la divulgación de los proyectos de I+D+i que ha desarrollado y desarrolla el Grupo GEMI a través de la dirección web: <http://www.eafit.edu.co/gemi>.
- Crear una guía detallada que contenga el paso a paso de las actividades a realizar por cada una de las etapas del método pentagonal de gestión de proyectos de I+D+i en sistemas de monitoreo.

## BIBLIOGRAFÍA

BEDRIÑANA, A., 2012. *Teoría General de Sistemas*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

BENDRIÑANA, A., 2008. *Nuevas tecnologías de la información y la comunicación- Teoría general de sistemas*, Lima: s.n.

BERTOGLIO, O. J., 1993. *Introducción a LA TEORIA GENERAL DE SISTEMAS*. Mexico D.F: EDITORIAL U MUSA, S.A. de C.V. - GRUPO NORIEGA EDITORES.

BLANCHARD, B. S. & FABRYCKY, W. J., 1998. *Systems engineering and analysis*. 3ª ed. Estados Unidos: Prentice Hall.

CAMPOS, A., 2005. *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá: Magisterio.

CNA, 2010. *Lineamientos para la Acreditación de Alta Calidad de Programas de Maestría y Doctorado*, Bogotá D.C.: Consejo Nacional de Acreditación.

COLCIENCIAS, 2008. *Modelo de medición de Grupos de Investigación, Tecnológica o de Innovación*, Bogotá D.C.: COLCIENCIAS.

COLCIENCIAS, 2010. *Instrumentos de fomento a la Innovación y el Desarrollo Tecnológico*. [En línea]

Available at: <http://www.slideshare.net/ueecaucanarino/instrumentos-de-apoyoaidv4sept2010-5713558>

[Último acceso: 3 10 2012].

COLCIENCIAS, 2011. *Brochure*. Bogotá D.C.: s.n.

COLCIENCIAS, 2012. *Beneficios tributarios en CT+I*, Medellín: Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación.

COLCIENCIAS, 2012. *Instrumentos de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico*. [En línea]

Available at: <http://www.slideshare.net/congresominero/presentacin-mecanismos-de-financiacion>

[Último acceso: 3 10 2012].

Convocatoria 562 COLCIENCIAS, 2012. “Convocatoria para Conformar un Banco de Programas Estratégicos y Proyectos Elegibles de Investigación con Enfoque de Mercado, Desarrollo Tecnológico e Innovación en la modalidad de cofinanciación” , Bogotá D.C.: COLCIENCIAS.

DANE, s.f. *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. [En línea] Available at: [http://www.dane.gov.co/files/faqs/faq\\_pib.pdf](http://www.dane.gov.co/files/faqs/faq_pib.pdf) [Último acceso: 17 10 2012].

Dharma Consulting, 2010. *Manual de la certificación PMP*. s.l.:s.n.

Formulario web COLCIENCIAS, 2012. COLCIENCIAS. [En línea] Available at: [http://www.colciencias.gov.co/formularios\\_sigg](http://www.colciencias.gov.co/formularios_sigg) [Último acceso: 17 10 2012].

FRANCO, A., 2011. *Identifying the barriers to innovation in firms in developing countries based on the colombian case*, s.l.: s.n.

GEMI, 2010. *Propuesta: Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVisión-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda*, Medellín: s.n.

GEMI, 2012. *Informe de Avance Anual*, Medellín: Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial. Automatización de la evaluación técnica de ruedas ferroviarias para el Metro de Medellín. Desarrollos: DiagnoVision-Rueda y DiagnoDefecto-Rueda.

GONZÁLEZ URBANEJA, P. M., 2001. *Pitágoras el filósofo del número*. 1ª ed. España: NIVOLA libros y ediciones.

HAZELKORN, E., 2011. *Rankings and the reshaping of higher education. The battle for world-class excellence*. Great Britain: Palgrave Macmillan.

Ingenio, 2011. *Ruta N Medellín*. [En línea] Available at: <http://www.rutanmedellin.org/ingenio/Documentos%20Importantes/Taller%20mecanismos%20de%20financiacion.pdf> [Último acceso: 4 10 2012].

Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1994. *¿Qué es la Teoría General de Sistemas?*, Lima: Av. General Garzón N° 658, Jesús María.

ISO 13372, 2004. *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary*. 1ª ed. Génova, Suiza: ISO.

ISO/IEC 9126-1, 2001. *Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model*, Geneve: ISO.

KOSSIAKOFF, A., SWEET, W., SEYMOUR, S. & BIEMER, S., 2011. *SYSTEMS ENGINEERING PRINCIPLES AND PRACTICE*. s.l.:JOHN WILEY & SONS.

Ley 1286, 2009. *Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones..* Bogotá D.C.: Congreso de la República.

Madri+d, 2007. *Política I+D+i*, s.l.: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas".

OCDE y Eurostat, 2005. *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. 3ª ed. s.l.:Grupo Tragsa.

OSTERWALDER, A. & PIGNEUR, Y., 2011. *Generación de modelos de negocio*. 5ª ed. Nueva Jersey: DEUSTO.

PLATÓN, s.f. *Diálogos de Platón - Timeo*. s.l.:s.n.

Project Management Institute Inc., 2008. *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. 4ª ed. Pennsylvania, USA: s.n.

Project Management Institute Inc., 2012. *Project Management Institute*. [En línea] Available at: <http://www.pmi.org/en/Certification/Project-Management-Professional-PMP.aspx>

[Último acceso: 05 10 2012].

QS Intelligence Unit, s.f. *QS Intelligence Unit*. [En línea] Available at: <http://www.iu.qs.com/university-rankings/rankings-indicators/>

[Último acceso: 17 10 2012].

Revista Semana, 2012. Las 100 empresas más grandes de Colombia {y las 900 siguientes}. *Revista Semana*, Volumen 30 Abril, pp. 114-117.

- RODRÍGUEZ G., A., 2003. *Artefactos diseño conceptual*. 1ª ed. Medellín: Fondo editorial Universidad EAFIT.
- RODRÍGUEZ, V., 2012. *Diseño e implementación de un modelo de conocimientos sobre las cuencas petrolíferas de Colombia*, Medellín: s.n.
- SARABIA, Á. A., 1995. *LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS*. Primera Edición ed. Madrid: Gráficas Marte, S.A..
- SARRIA MOLINA, A., 1999. *Introducción a la Ingeniería Civil*. Bogotá D.C.: Mc Graw Hill.
- Scimago Institutions Ranking, 2012. *Scimago Institutions Ranking*. [En línea] Available at: [http://www.scimagoir.com/pdf/ranking\\_iberamericano\\_2012.pdf](http://www.scimagoir.com/pdf/ranking_iberamericano_2012.pdf) [Último acceso: 17 10 2012].
- SKYTTNER, L., 2005. *GENERAL SYSTEMS THEORY- Problems •Perspectives • Practice*. Hackensack(NJ): World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd..
- STRATHERN, P., 1999. *Pitágoras y su teorema*. 1ª ed. Madrid: Siglo veintiuno editores S.A..
- UNE 166000, 2006. *Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i*. Madrid: AENOR.
- UNE 166001, 2006. *Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i*. Madrid: AENOR.
- UNE 166002, 2006. *Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i*, Madrid: AENOR.
- UNE-EN 50126, 2005. *Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS)*. Madrid: AENOR.

## ANEXOS

### Anexo A. Modelo para creación de propuestas de I+D+i

#### 1. Título del proyecto

El título del proyecto debe ser claro, conciso, descriptivo y tener el carácter de atraer al lector. Debe responder las siguientes preguntas.

- ¿Qué se va a hacer en el proyecto?
- ¿Cómo o para qué se va a hacer el proyecto?
- ¿Dónde se va a hacer el proyecto?

#### 2. Palabras clave

Las palabras clave deben encontrarse registradas en su mayoría en el título del proyecto y deben ambientar al lector sobre la temática y el contenido del mismo.

#### 3. Generalidades del proyecto

Se deben registrar en una tabla resumen las generalidades del proyecto, tales como:

- El título del proyecto.
- Entidades involucradas.
- Aportes financieros de cada entidad.
- Duración del proyecto.
- Lugar de ejecución.

#### 4. Temática

**NOTA:** Este apartado solamente se debe incluir para los casos en que se presentarán propuestas a COLCIENCIAS.

¿Cuál es la temática del proyecto según los términos de referencia de la convocatoria de Colciencias a la que se desea aplicar?

#### 5. Resumen ejecutivo

La estructura del resumen ejecutivo debe presentarse bajo la estructura que muestra a continuación, respondiendo las preguntas por cada uno de los párrafos de la siguiente tabla:

Tabla 37. Estructura del resumen ejecutivo

ÍTEM	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
1	Párrafo introductorio	¿Cómo es percibida esta problemática bajo el panorama mundial? ¿Cómo es percibida esta misma problemática en el contexto nacional y local? Se debe mencionar el título del proyecto
2	Párrafo de estado del arte	¿Cómo se aborda la problemática bajo estándares internacionales y prácticas de clase mundial? ¿Cómo se realiza en el país y en la empresa en particular donde se desarrollará el proyecto?
3	Párrafo de objetivos	¿Cuál es el principal objetivo de desarrollar el proyecto? ¿Cuáles son los objetivos específicos que contribuirán con su logro?
4	Párrafo de metodología	¿Cómo se desarrollarán las diferentes actividades del proyecto para el logro de los objetivos?
5	Párrafo de justificación	¿Cuál es la razón que justifica la realización del proyecto? ¿Cuál es la importancia del proyecto? ¿Qué cifras financieras y datos numéricos justifican la ejecución del proyecto?
6	Párrafo de generalidades	¿Cuánto durará el proyecto? ¿Qué entidades están involucradas en el proyecto? ¿Cuáles son sus roles? ¿Cuánto vale el desarrollo de todo el proyecto?
7	Párrafo de descripción de la	¿Cuál es la experiencia investigativa de cada una de las

ÍTEM	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
	experiencia investigativa	entidades relacionadas? ¿Cuáles han sido sus principales logros? ¿Qué alianzas internacionales y nacionales se tienen disponibles para el desarrollo del proyecto?
8	Párrafo de resultados	¿Cuáles son los principales resultados esperados del proyecto? ¿Cuál es el mercado objetivo de los resultados esperados? ¿Por qué se considera innovador el proyecto? ¿Cuáles son los principales impactos del proyecto? ¿A qué área o región están dirigidos estos impactos?

NOTA: Las palabras clave del proyecto deben ser utilizadas a lo largo del resumen

## 6. Planteamiento del problema

El planteamiento del problema debe presentarse de manera sencilla y clara. Su estructura debe presentarse respondiendo las preguntas por cada uno de los párrafos que presentan en la tabla a continuación:

Tabla 38. Estructura del planteamiento del problema

ÍTEM	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
1	Párrafo de contextualización global	¿Cuáles son las tendencias y el contexto a nivel mundial relacionado con la temática del proyecto en cuanto a estándares internacionales y mejores prácticas?
2	Párrafo de contextualización nacional y local	¿Cómo es la problemática abordada en el país y específicamente en el entorno y la empresa donde se desarrollará la investigación?
3	Párrafo de descripción de la pregunta y el problema de investigación	¿Cuál es la pregunta de investigación? ¿Cuál es el estado actual del problema? ¿Cuáles son sus causas y consecuencias? ¿Qué cifras permiten cuantificar el problema?
4	Párrafo de justificación	¿Cuáles son las necesidades y la pertinencia de resolver el problema? ¿Por qué es importante para el desarrollo de la empresa, del sector, del país o del planeta?

## 7. Estado del arte

Se debe describir, con el nivel de detalle adecuado a los objetivos del proyecto, el estado actual de los conocimientos, productos, procesos y tecnologías, en el

ámbito de interés para las entidades (internacional, nacional, sectorial y propio de las entidades) en relación con los objetivos del proyecto, identificando las desventajas y/o limitaciones de lo ya existente (UNE 166001, 2006). A continuación se presentan algunas preguntas que deben ser respondidas durante el desarrollo del estado del arte:

- ¿Qué existe (tecnologías, desarrollos y estudios) a nivel internacional para abordar el problema planteado del proyecto?
- ¿Qué existe (tecnologías, desarrollos y estudios) a nivel nacional para abordar el problema planteado del proyecto?
- ¿Cuál es el objeto de estudio del proyecto? Incluir cifras y estadísticas.
- ¿Qué herramientas (tipos y características) se utilizarán para desarrollar el proyecto?
- ¿Qué normativas y legislaciones existen a nivel mundial y nacional, relacionadas con el proyecto?
- ¿Qué patentes existen con respecto al proyecto que se desea realizar?

Todas las consultas incluidas deben estar debidamente referenciadas.

## 8. Objetivos

Se debe formular un único objetivo general y los objetivos específicos necesarios para su logro. Los objetivos deben ser coherentes con la pregunta y el problema de investigación, deben ser alcanzables, medibles y orientados a resultados.

En la redacción de todos los objetivos en conjunto se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué se va a hacer en el proyecto?
- ¿Cómo se va hacer el proyecto?

- ¿Para qué se va hacer el proyecto?
- ¿Dónde se va a hacer el proyecto?

## 9. Metodología

La metodología describe detalladamente la manera como se alcanzarán cada uno de los objetivos específicos. Se debe presentar ordenadamente cómo será todo el proceso de la investigación o del proyecto, indicando las técnicas, modelos de conocimiento, procedimientos y actividades requeridas. La pregunta a responder por cada uno de los objetivos específicos es la siguiente:

¿Cuáles son las actividades que se deben llevar a cabo para alcanzar el objetivo?

## 10. Trayectoria y capacidad de investigación

La trayectoria y capacidad de investigación de las entidades involucradas en el proyecto propuesto debe construirse respondiéndose las siguientes preguntas propuestas:

- ¿Cuál es la experiencia investigativa de cada una de las entidades relacionadas?
- ¿Cuáles han sido sus principales logros?
- ¿Qué alianzas internacionales y nacionales se tienen disponibles para el desarrollo del proyecto?
- ¿Cuáles son las competencias del grupo humano involucrado en el proyecto?

## 11. Distribución de responsabilidades

Las responsabilidades se deben distribuir respondiendo:

¿De qué actividades es responsable cada una de las entidades involucradas en el proyecto?

En lo posible se debe definir una única entidad responsable por cada actividad.

## 12. Resultados esperados

Listar cada uno de los resultados esperados con el desarrollo del proyecto. Pueden agruparse los resultados bajo las siguientes categorías:

- Generación de nuevo conocimiento: nuevos productos, nuevos mercados, software y herramientas, etc.
- Fortalecimiento de la comunidad científica: formación de estudiantes en programas de pregrado y posgrado (maestría y doctorado)
- Apropiación social del conocimiento: publicaciones en revistas indexadas, patentes, ponencias en congresos y libros.

## 13. Identificación y caracterización de la innovación

Deben describirse de forma detallada los avances que supondrían el logro de los objetivos, tomando como punto de partida la situación planteada en el estudio del estado del arte (UNE 166001, 2006), buscando responder los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son las características que hacen innovadores a los resultados que se obtendrán con el desarrollo del proyecto?
- ¿Qué hace que los resultados sean únicos en el mercado?

#### 14. Evaluación del mercado para la innovación propuesta

La evaluación del mercado para la innovación propuesta debe responder los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son las tendencias actuales del mercado en cuanto a proveedores, clientes y competidores?
- ¿A qué sector está dirigido el proyecto? ¿Cuál es la brecha a impactar?
- ¿Cuál es el mercado objetivo al cual se desea llegar? ¿Cuáles son sus principales características?

Este apartado debe ir acompañado con cifras.

#### 15. Impactos del proyecto

Este análisis debe realizarse bajo perspectivas internacionales, regionales, nacionales, del sector empresarial, la sociedad y el medio ambiente, buscando responder los siguientes cuestionamientos:

¿Cuáles son los impactos positivos y negativos que traerán consigo el desarrollo del proyecto y la obtención de sus resultados esperados a corto plazo?

¿Cuáles son los impactos positivos y negativos que traerán consigo el desarrollo del proyecto y la obtención de sus resultados esperados a mediano plazo?

¿Cuáles son los impactos positivos y negativos que traerán consigo el desarrollo del proyecto y la obtención de sus resultados esperados a largo plazo?

Todos los anteriores apartados deben ir acompañados de indicadores que permitan medir el nivel de impacto en cada una de las perspectivas analizadas.

## 16. Impacto ambiental del proyecto

En el impacto ambiental del proyecto se debe definir:

- ¿Qué impactos se pueden generar con el desarrollo, ejecución o implementación del proyecto, sobre el medio ambiente y el ser humano?
- ¿Cuál es el plan para la mitigación y control de dichos impactos?

## 17. Cobertura del proyecto

¿A qué regiones del mundo y del país llegarán los impactos generados con el proyecto?

## 18. Alcance

El enunciado del alcance del proyecto debe incluir (Dharma Consulting, 2010):

- El alcance del producto.
- Entregables por parte de las entidades involucradas en el desarrollo del proyecto.
- Criterios de aceptación del producto.
- Qué no hace parte del proyecto.
- Riesgos adicionales.
- Restricciones y supuestos.

El alcance siempre define los siguientes componentes del proyecto: tiempo, costo y calidad.

## 19. Aspectos de propiedad intelectual

Es necesario indicar si las Entidades tienen previsto proteger los resultados del proyecto. En caso de quererse proteger se debe definir:

¿Cómo se realizará el manejo y la distribución de la propiedad intelectual de los distintos resultados que traiga consigo el proyecto? (Por lo general esta distribución está dada según los aportes que realizan cada una de las entidades participantes).

## 20. Posibles evaluadores

**NOTA:** *Este apartado solamente se debe incluir para los casos en que se presentarán propuestas a COLCIENCIAS.*

Se registran los datos y la información de contacto de los evaluadores sugeridos a COLCIENCIAS para que al finalizar el proyecto evalúen los resultados del mismo.

## 21. Cronograma

Listar de manera ordenada las distintas actividades que se realizarán en la ejecución del proyecto, registrando por cada una: responsables, duración, fecha de iniciación, fecha de finalización y recursos requeridos.

## 22. Personal

Se registran las funciones, la formación y experiencia requerida, duración y dedicación del personal que estará vinculado al proyecto.

En caso de tener ya seleccionado el personal, o parte del mismo, se registran sus datos personales y una reseña de su áreas fuertes de desarrollo.

### 23. Presupuesto

El presupuesto debe ser lo más ajustado a la realidad de lo que será el proyecto, debido a que un presupuesto que se quede corto, traerá consigo consecuencias que afectarán el fin exitoso del proyecto, pero por otra parte un presupuesto inflado puede ser causal de rechazo de la propuesta.

En él se deben detallar el valor de cada uno de los costos y gastos en los que se incurrirán para el desarrollo del proyecto. Los rubros que comúnmente se contemplan dentro de un proyecto son los siguientes:

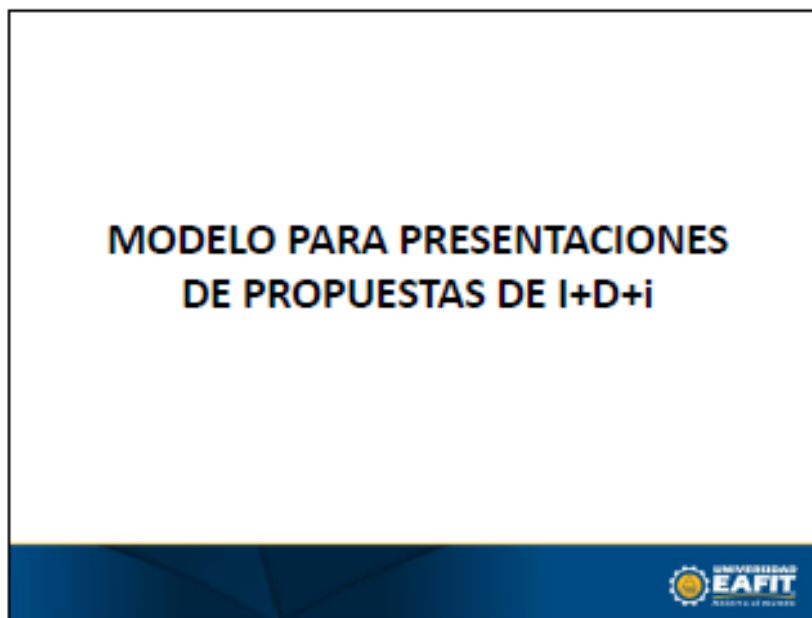
- Adecuación de laboratorios y planta
- Administración
- Bibliografía
- Capacitación
- Consultoría especializada
- Costos operativos
- Desarrollo de software
- Descripción equipos
- Documentación
- Estudios de inteligencia competitiva
- Gastos de registro de propiedad intelectual
- Imprevistos
- Mantenimiento
- Material de difusión y promoción
- Materiales e insumos

- Otros
- Participación en misiones tecnológicas
- Pasantías
- Personal científico
- Personal de apoyo
- Seminarios y cursos
- Servicios tecnológicos
- Software
- Suscripción a redes de información
- Viajes

#### 24. Bibliografía

Se listan cada una de las referencias bibliográficas utilizadas en la redacción de la propuesta.

Anexo B. Modelo para la presentación de propuestas de I+D+i



## ENTIDADES PARTICIPANTES

Entidad beneficiaria

Entidad ejecutora

Entidad financiadora

## ENTIDADES DE APOYO

*Incluir los logos de cada una de las entidades de acuerdo a los roles acá descritos*



## CONTEXTO ACTUAL

*¿Cuál es la problemática actual?*

*Realizar una contextualización a los asistentes del estado actual de la temática de la propuesta a nivel mundial, nacional y local identificando el problema o la necesidad a cubrir*



## OBJETIVO GENERAL

*Registrar el objetivo general de la propuesta de manera atractiva para el público*



## OBJETO DE ESTUDIO

*Describir técnicamente el objeto de estudio de la propuesta.*

- *Ficha técnica.*
- *Aspectos susceptibles de mejora o cambio.*
- *Normativa asociada.*



## RELACIÓN CON EL CLIENTE

*Diagrama o gráfico esquemático de cómo será las relaciones entre los distintos actores que están involucrados en el desarrollo de la propuesta*



## OBJETIVOS CLAVES

*Lista de los objetivos específicos que componen la propuesta registrando la siguiente información:*

ÍTEM	OBJETIVOS	RESPONSABLE	MESES DE EJECUCIÓN
1			
2			



## INVERSIÓN

*Presupuesto desglosado por cada uno de los objetivos específicos de la propuesta*

APORTES EN EFECTIVO POR ENTIDAD	ENTIDAD 1	ENTIDAD 2	ENTIDAD 3
Inversiones transversales a todos el proyecto (p.e. Personal técnico, Administración)			
<b>Objetivo 1</b>			
Inversión 1			
Inversión 2			
<b>Objetivo 2</b>			
Inversión 3			
Inversión 4			



## PRODUCTOS

*Productos desglosados por cada uno de los objetivos específicos de la propuesta*

ÍTEM	LOGRO	ENTREGABLES
1		
2		



## PERSONAL

*Personal que estará involucrado en el desarrollo del proyecto.  
Incluir:*

ÍTEM	NOMBRE	FORMACIÓN	RESPONSABILIDAD
1			
2			



## PROPIEDAD INTELECTUAL

*Aclaraciones respecto al manejo de la propiedad  
intelectual derivada del proyecto*



## RESUMEN

*Tabla resumen que registre:*

1. *El título del proyecto.*
2. *Entidades involucradas.*
3. *Aportes financieros de cada entidad.*
4. *Duración del proyecto.*
5. *Lugar de ejecución.*



## CONVOCATORIA XXX

*Convocatoria que financiará el proyecto (En caso que aplique)*

*En caso de ser una propuesta de I+D+i para aplicar a una convocatoria de COLCIENCIAS u otro tipo de entidad financiadora, incluir una breve descripción de la misma*



## DATOS

*Datos relevantes que rigen la convocatoria*

DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
Relación de Financiación (ENTIDAD FINANCIADORA/CONTRAPARTIDA):	
Apoyo Entidad Financiadora	
Relación de la contrapartida	
Duración	
Primer corte	



## DOCUMENTACIÓN

*Lista de documentos o certificados que se deben adquirir para aplicar a la convocatoria*



**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!**

