



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN

LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE SOFTWARE  
EN LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA: UN CASO DE APLICACIÓN

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

**LUIS DAVID RODRÍGUEZ PADILLA**

TUTOR PRINCIPAL:  
DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. Arturo Fuentes Zenón  
Secretario: Dr. Eugenio Mario López y Ortega  
Vocal: Dr. Javier Suárez Rocha  
1<sup>er</sup>. Suplente: Dr. Oscar Montaña Arango  
2<sup>d.o</sup>. Suplente: M.I. Abigail Serralde Ruíz

CIUDAD DE MÉXICO

**TUTOR DE TESIS:**

DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA

-----  
**FIRMA**

## Dedicatoria

A mi madre querida, con todo el amor,  
porque ha estado conmigo desde el día uno,  
no tengo forma de agradecerle.

A mi padre, con respeto,  
para que sienta orgullo de su hijo.

A mis hermanas Ilse y Paoliz,  
por ser las mejores,  
les debo tanto.

A mi abuela María,  
en su memoria,  
con mucho cariño.

A mi abuelo David,  
en su memoria,  
con la mayor admiración.

A Yasvelin,  
por el afecto, motivación y  
apoyo incondicional.



## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por permitirme estudiar en sus aulas, por la calidez y la oportunidad tan importante que me brindaron.

Al Dr. Javier Suárez Rocha por su apoyo, guía y sabio consejo.

A todos y cada uno de mis profesores del posgrado por apoyarme en esta labor, así como a los integrantes de mi jurado por su valiosa contribución en este proceso.

Al Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación por permitirme realizar mi trabajo de investigación de posgrado, particularmente al Lic. Ernesto Jiménez Rodríguez por el apoyo recibido para realizar mis estudios, y en especial al Mtro. Mauricio Arce Orozco por apoyar e impulsar mi carrera profesional y académica, y por ser un ejemplo personal y profesional en toda la extensión de la palabra.

Al Dr. Cinna Lomnitz y la Dra. Heriberta Castaños por haberme apoyado cuando más lo necesité, fueron mi motivación para superarme cada día.

A la Ing. Penélope Rojas Vergel porque sin su apoyo, simplemente esto no sería posible.

A la C.P. Yasvelin Ayala Pineda por la motivación, por su paciencia y por sus valiosos comentarios y aportaciones sobre mi proyecto de investigación.

Al M.I. Sergio Cruz Aguilar por su amistad y compañerismo, y por el apoyo que me brindó durante mis estudios de posgrado.

A mis compañeros de clase, los ingenieros Verónica Pérez Estrada y José Ibarra por compartir tiempo y experiencias durante nuestros estudios de posgrado.

A mi familia, por soportar toda la carga mientras yo realizaba este importante proyecto.

# Contenido

<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Antecedentes</b> .....	<b>7</b>
1.1 La Administración Pública en México .....	7
1.2 La Evaluación Educativa en México .....	9
1.3 El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación INEE.....	11
1.4 Desarrollo de proyectos de Tecnologías de la Información en el INEE.....	14
1.5 Conclusiones .....	15
<b>2 Formulación de la Problemática</b> .....	<b>17</b>
2.1 Diagnóstico .....	17
2.2 Identificación del problema .....	30
2.3 Otras posibles soluciones al problema planteado .....	30
2.4 Justificación y delimitación de la solución propuesta.....	32
2.5 Propuesta de solución.....	36
2.6 Supuestos .....	37
2.7 Conclusiones .....	38
<b>3 Marco teórico y conceptual</b> .....	<b>39</b>
3.1 El paradigma de sistemas .....	39
3.2 Tecnologías de la Información.....	51
3.3 Administración de proyectos .....	52
3.4 Ingeniería de Software .....	55
3.5 Conclusiones .....	63
<b>4 Administración de Proyectos de Software en la Administración Pública</b> .....	<b>65</b>
4.1 Introducción a la Administración de Proyectos de Software.....	65
4.2 Consideraciones para el desarrollo de Proyectos en la Administración Pública ...	70
4.3 Integración de Procesos para Administración de Proyectos .....	77
4.4 Procesos de Ingeniería de Sistemas .....	97

4.5	Fase 1: Planeación del Programa .....	97
4.6	Fase 2: Planeación del Proyecto.....	104
4.7	Fase 3: Desarrollo del Sistema.....	115
4.8	Fase 4: Prosecución técnica .....	128
4.9	Conclusiones .....	135
<b>5</b>	<b>Caso de Aplicación .....</b>	<b>137</b>
5.1	Fase 1: Planeación del Programa .....	137
5.2	Fase 2: Planeación del Proyecto - Planeación Exploratoria.....	151
5.3	Conclusiones .....	162
	<b>Anexos.....</b>	<b>163</b>
	Procesos de Administración de Proyectos para la Administración Pública .....	163
	Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos.....	173
	<b>Investigaciones futuras .....</b>	<b>209</b>
	Desarrollo de una Oficina de Proyectos de Tecnologías de la Información .....	209
	Plan para la Implementación de un Gobierno de Tecnologías de la Información .....	209
	Diseño de Indicadores de Desempeño de Sistemas de Software .....	210
	Gestión de las Operaciones de Tecnologías de la Información .....	210
	<b>Conclusiones generales .....</b>	<b>211</b>
	<b>Referencias .....</b>	<b>213</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Porcentaje de servidores públicos por país. Fuente OCDE 2015. ....	8
Figura 2. Ubicación espacial del INEE (Sede central). Fuente: Elaboración propia mediante Sistema de Información Geográfica (SIG).....	18
Figura 3. Ubicación Temporal del INEE. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 4. Ubicación Sectorial del INEE. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 5. Mapa de procesos del INEE. Fuente: Elaboración propia. ....	21
Figura 6. Estructura organizacional del INEE. Fuente: INEE, 2017.....	23
Figura 7. Objeto de estudio: construcción por descomposición. Fuente: Elaboración propia.....	24
Figura 8. Diagrama de causas-efecto para el diagnóstico en el problema del desarrollo de software en la DGLPD en el INEE. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Figura 9. Matriz de Jackson-Keys. Fuente: Jackson, 2003. ....	33
Figura 10. Clasificación de enfoques de sistemas. Fuente: Hester & Adams, 2017. ....	35
Figura 11. Ciclo genérico de desarrollo de software. Fuente: Wysocki, 2006.....	36
Figura 12. Jerarquía de los sistemas. Fuente: Adaptado de Boulding, 1956 y Bertalanffy, 1968. ..	41
Figura 13. Niveles de organización y capas de SE. Fuente: Hitchins, 2014. ....	41
Figura 14. Estructura General del Movimiento Sistémico. Fuente: Adaptado de Checkland & Haynes, 1994. ....	43
Figura 15. Procesos de Ingeniería de Sistemas. Fuente: NASA, 2007.....	45
Figura 16. Comparación del ciclo de vida de la Ingeniería de Sistemas. Fuente: INCOSE, 2006. ..	46
Figura 17. Principales elementos conductores de SE y SoSE. Fuente: Gorod & Sauser, 2008.....	47
Figura 18. Estructura Operacional de la Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1962.....	49
Figura 19. Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1962.....	50
Figura 20. Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1989.....	51
Figura 21. El Proyecto de Desarrollo de Software. Fuente: Iden & Bygstad, 2017.....	52

Figura 22. Ciclo de vida de la Administración de Proyectos. Fuente: Iden & Bygstand, 2017. ....	53
Figura 23. Ciclo de vida del proyecto y grupos de procesos. Fuente: PMI, 2017 .....	53
Figura 24. Campo de acción de la Ingeniería de Software. Fuente: ACM & IEEE, 2005.....	56
Figura 25. Evolución del software. Fuente: González-Blanco, 2008.....	58
Figura 26. Modelo del ciclo de vida en cascada. Fuente: INTECO, 2009.....	58
Figura 27. Modelo del ciclo de vida en espiral. Fuente: INTECO, 2009.....	59
Figura 28. Modelo del ciclo de vida en V. Fuente: INTECO, 2009.....	59
Figura 29. Modelo del ciclo de vida Incremental. Fuente: INTECO, 2009.....	60
Figura 30. Modelo del ciclo de vida Iterativo. Fuente: INTECO, 2009. ....	61
Figura 31. Modelo del ciclo de vida Iterativo. Fuente: INTECO, 2009. ....	61
Figura 32. Modelo del ciclo de vida Iterativo e Incremental. Fuente: Thomas, 2012.....	62
Figura 33. Dinámica de los cambios en los sistemas. Fuente: Nerur, Cannon, Balijepally & Bond, 2010.....	63
Figura 34. Integración conceptual de disciplinas para la planeación total de proyectos. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 35. Historia de los campos de la Ingeniería de Sistemas. Fuente: Sheard & Mostashari; 2010.....	66
Figura 36. Mapa de la incertidumbre. Fuente: Pearson & Brockhoff, 1994. ....	77
Figura 37. Matriz de Hall. Fuente: Hall, 1989.....	78
Figura 38. Comparación del ciclo de vida para el desarrollo de proyectos y productos de Ingeniería. Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 39. Ciclo presupuestario. Fuente: UNAM y SHCP 2018.....	83
Figura 40. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos. Fuente: Elaboración propia.....	85
Figura 41. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos (detalle). Fuente: Elaboración propia.....	86

Figura 42. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Adaptado de Hall, 1989.....	87
Figura 43. Matriz de Hall (1989) con los procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Adaptado de Hall, 1989.....	88
Figura 44. Mapa de procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura 45. Técnicas para la obtención de soluciones. Fuente: Hall, 1989. ....	90
Figura 46. Herramientas para la Administración de Proyectos. Fuente: Martinelli & Milosevic, 2016. ....	91
Figura 47. Técnicas para el diagnóstico y la implementación de soluciones. Fuente: Adaptado de Sánchez-Guerrero, 2016. ....	91
Figura 48. Estructura organizacional funcional en la administración pública. Fuente: Elaboración propia.....	94
Figura 49. Roles clave en el ciclo de vida de un proyecto. Fuente: Elaboración propia. ....	96
Figura 50. Procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 51. Fase 1: Planeación del Programa. Fuente: Elaboración propia.....	98
Figura 52. Fase 2: Planeación del Proyecto – Planeación Exploratoria. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 53. Fase 2: Planeación del Proyecto – Planeación para el Desarrollo. Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 54. Fase 3: Desarrollo del Sistema. Fuente: Elaboración propia.....	115
Figura 55. Fase 4: Prosecución Técnica – Operaciones. Fuente: Elaboración propia.....	128
Figura 56. Fase 4: Prosecución Técnica – Retiro (mantenimiento). Fuente: Elaboración propia..	132
Figura 57. Sistemas del INEE- 2018. Fuente: Elaboración propia.....	140
Figura 58. Árbol de objetivos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	141
Figura 59. Matriz de Evaluación de Alternativas DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	146

Figura 60. Aplicación PROMETHEE para la Selección de Proyectos de Software DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	148
Figura 61. Árbol de Objetivos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	148
Figura 62. Cronograma Final DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	149
Figura 63. Matriz de Interacción – Planeación para el INEE DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	151
Figura 64. Matriz de Interesados Impacto – Poder. Fuente: Elaboración propia.....	154
Figura 65. Aplicación PROMETHEE para la Selección de la solución técnica para el SEPEV, DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	155
Figura 66. Plan de trabajo completo para el proyecto seleccionado SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	157
Figura 67. Módulos del Sistema SEPEV DPI 2019. Fuente:Elaboración propia. ....	157
Figura 68. Diseño conceptual de los datos: Diagrama Entidad-Relación SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	158
Figura 69. Proceso de Evaluación de Videos. Fuente: Elaboración propia.....	158
Figura 70. Diagrama de Navegación SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	159

## Lista de Tablas

Tabla 1. Organismos constitucionales autónomos. Fuente: Ruíz, 2017. ....	9
Tabla 2. Principales relaciones causa-efecto. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Tabla 3. Principales relaciones entre causas. Fuente: Elaboración propia. ....	29
Tabla 4. Principales relaciones entre efectos. Fuente: Elaboración propia. ....	29
Tabla 5. Las alternativas de solución al problema planteado. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Tabla 6. Sistemas duros y sistemas suaves. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Tabla 7. Características de las disciplinas técnicas para el desarrollo de proyectos de software. Fuente: Elaboración propia.....	73
Tabla 8. Tipos de proyectos de Ingeniería. Fuente: Elaboración propia.....	75
Tabla 9. Comparación de proyectos de infraestructura civil vs proyectos de innovación o tecnología. Fuente: Elaboración propia.....	76
Tabla 10. Comparación de fases de las disciplinas técnicas. Fuente: Elaboración propia.....	80
Tabla 11. Herramientas para las disciplinas técnicas y estándares para proyectos. Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 12. Objetivos organizacionales del INEE. Fuente: Elaboración propia. ....	138
Tabla 13. Sistemas del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Fuente: Elaboración propia.....	139
Tabla 14. Objetivos de la Dirección de Procesamiento de la Información DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.....	141
Tabla 15. Criterios para el desarrollo de proyectos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	142
Tabla 16. Propuestas de Proyectos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	146
Tabla 17. Evaluación de Proyectos de Software DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	147
Tabla 18. Propuestas de proyectos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	150
Tabla 19. Objetivos del Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.....	152
Tabla 20. Criterios del Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	153



Tabla 21. Criterios específicos del SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	153
Tabla 22. Alternativas técnicas para el Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	154
Tabla 23. Matriz de perfiles y niveles de acceso SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.	160
Tabla 24. Project Charter SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia. ....	162

## Resumen

El propósito de este proyecto es desarrollar un modelo basado en procesos para planificar, administrar y desarrollar proyectos de software en la Administración Pública en México considerando al INEE para su aplicación como caso de estudio.

Con este estudio cualitativo fue posible conocer y diagnosticar los problemas particulares en proyectos de software del INEE como sistema sociotécnico a través de técnicas de planeación participativas, además de proponer un modelo basado en procesos para su aplicación en un caso.

Este estudio permitió conocer la forma en que funciona el INEE, así como analizar las brechas de forma cualitativa para generar una metodología basada en procesos cuya aplicación permitió la planeación exitosa del programa de trabajo anual de la DPI del año 2019.

El modelo generado en esta investigación está diseñado para el sector público, sin embargo, solo ha sido probado en el INEE, por lo que no es posible generalizar para la administración pública, no obstante, para comprobar su consistencia puede emplearse en otros organismos públicos de México.

Este trabajo es una de las escasas investigaciones recientes que contribuyen con el aspecto metodológico de la Ingeniería de Sistemas integrando elementos constitutivos de otros marcos de trabajo recientes que han evolucionado con el tiempo y que permiten la resolución efectiva de problemas en un sector específico.

**Palabras clave: INEE, administración pública en México, administración de proyectos, ingeniería de sistemas, ingeniería de software.**

## Abstract

The purpose of this project is to develop a process-based model to plan, manage and develop software projects in the Public Administration in Mexico for its application in INEE as a case study.

With this qualitative study it was possible to know and diagnose special problems in INEE software projects as a sociotechnical system through participatory planning techniques, also to propose a process-based model for its application in a case.

This study allowed to know how the INEE works and analyze gaps qualitatively to generate a methodology based on processes. The application of this methodology allowed the successful planning of the annual work program of the DPI for the year 2019.

The model generated in this research is designed for the public sector, however, it has only been tested in the INEE, therefore it is not possible to generalize for the public administration, however, to check its consistency it can be used in other public institutions in Mexico.

This work is one of the few recent investigations that contributes to the methodological aspect of Systems Engineering by integrating elements of other recent frameworks that have evolved over time and that allow the effective resolution of problems in a specific sector.

**Keywords: INEE, public administration in Mexico, project management, systems engineering, software engineering.**

## Introducción

Las organizaciones en el mundo han enfocado sus esfuerzos en la adopción de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Las TIC han penetrado repentinamente en los procesos y procedimientos organizacionales de los sectores públicos y privados de manera que se han convertido en una necesidad tanto para competir como para cumplir con los objetivos de las instituciones; en la actualidad las organizaciones requieren de la sistematización y automatización de sus procesos mediante sistemas de información o software que soporten actividades clave, de apoyo y de gestión.

En este contexto, muchas organizaciones presentan diversos problemas en el desarrollo de sus proyectos de TIC, normalmente durante su ejecución y en la evaluación del cumplimiento de los objetivos. Esto se debe, en gran medida, a que no cuentan con prácticas estandarizadas para desarrollar e implementar proyectos de este tipo. En el caso particular de la Administración Pública en México, la adopción de estándares para tal objetivo aún no ha tomado relevancia para los tomadores de decisiones.

Algunas prácticas o disciplinas recomendadas para tal efecto son la administración de proyectos, el desarrollo de sistemas de ingeniería y particularmente sistemas de ingeniería de software, las cuales guardan una importante relación entre sí y que, además, en la práctica, resultan complementarias.

Desde el surgimiento de la Ingeniería de Sistemas, se ha contemplado la figura de personal de coordinación y gestión del proyecto (Hall, 1962), y en otros casos se ha apreciado el potencial que tendría la implementación de procesos de gestión para un proyecto desarrollado mediante la Ingeniería de Sistemas (Johnson, 1997). Sin embargo, la Ingeniería de Sistemas tuvo un camino divergente en algunos momentos, pues el aspecto técnico fue lo más valorado para algunas Instituciones como el INCOSE (International Council on System Engineering), el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) y la NASA (National Aeronautics and Space Administration), que adoptaron el enfoque de la Ingeniería de Sistemas y sus fases para la resolución de problemas de ingeniería, mientras que, para otras instituciones como el PMI (Project Management Institute), el OGC (Office of Government Commerce) e IPMA (International Project Management Association), la parte más importante fue la relacionada con la gestión.

Posteriormente, el crecimiento de la gestión de proyectos se trasladó al área de proyectos de infraestructura civil y de telecomunicaciones, y más tarde se empleaba no solo para proyectos de Ingeniería, sino también para atender cualquier proyecto por definición, aunque no tuviera mayor relación con la Ingeniería, por ejemplo, en el sector salud para atender principalmente el tema de presupuestación en el área de enfermería (Eichenberger, 1998). Esto es posible debido a que un proyecto en términos generales se define como un esfuerzo temporal

orientado a obtener un producto, servicio o resultado único (PMI, 2017), no necesariamente se refiere a un producto de ingeniería o servicio proporcionado por dicha tecnología.

El desarrollo de la Ingeniería de Sistemas, la Administración de Proyectos y la Ingeniería de Software no permitió la integración de estas disciplinas de forma natural, por el contrario, el curso normal de estas disciplinas tuvo un carácter de divergencia. Algunos esfuerzos contribuyeron a la integración de la Ingeniería de Sistemas con las disciplinas antes mencionadas, pero solo desde la perspectiva de la Ingeniería (Sage, 1981) de forma que es posible ver, por ejemplo, que un lenguaje de modelado de sistemas de ingeniería tal como es sysML<sup>1</sup> (Systems Modeling Language) surgió de la sinergia entre la Ingeniería de Sistemas y la Ingeniería de Software a partir del modelado UML<sup>2</sup> (Unified Modeling Language) (Honour, 2018).

Una de las contribuciones a la Ingeniería de Sistemas fue la introducción del concepto de ciclo de vida de los sistemas (Blanchard & Fabricky, 1981), que más adelante convergería con la Ingeniería de Sistemas del IEEE para contribuir a la formación de la Ingeniería de Software propiamente como una disciplina reconocida internacionalmente (IEEE, 2008; Bourque & Fairley, 2014). Sin embargo, la integración plena de la Ingeniería de Sistemas, la Administración de Proyectos y la Ingeniería de Software no es más que una descripción difusa de los avances que se esperaban obtener con la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962; Sage, 1981).

En el presente trabajo, se propone la adopción de procesos y estándares de la Administración de Proyectos en la Administración Pública bajo el soporte de proyectos de ingeniería realizados principalmente mediante la metodología de la Ingeniería de Sistemas desarrollada por Arthur David Hall III (1962, 1989); así como el desarrollo de un proyecto consistente en la planeación y diseño de un sistema de software para llevar a cabo un proceso central del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), con la finalidad de demostrar la importancia de adoptar estándares y una base metodológica basada en procesos para cumplir los objetivos organizacionales que inciden directamente en el cumplimiento de las facultades atribuidas a cada institución de la Administración Pública en México.

A continuación, se describen brevemente los contenidos por capítulo:

**En el capítulo 1** se realiza un análisis sobre el estado de la Administración Pública en México y del INEE como organismo público autónomo en el contexto del desarrollo de proyectos de Ingeniería de Software; así como su relevancia a nivel nacional en el sector educativo y de

---

<sup>1</sup> Systems Modeling Language, es una notación de modelado para sistemas de ingeniería

<sup>2</sup> Unified Modeling Language es una notación de modelado para sistemas de software

evaluación con el objetivo de circunscribirlo en un contexto y de tener un panorama general del objeto de estudio en un estado actual y normativo.

**En el capítulo 2** se efectúa la identificación de la problemática, así como la definición del problema por resolver mediante un análisis causa-efecto. La técnica seleccionada se emplea porque se considera que el problema es de tipo causal, en donde diversas causas producen efectos múltiples, la aplicación de la técnica se ha extendido hasta relacionar causas y efectos para tener una mejor identificación de las causas que intervienen mayormente en la generación de los efectos del problema denominado: Desarrollo de Proyectos de Software en la Administración Pública.

**En el capítulo 3** se establece el marco teórico y conceptual necesario para soportar el desarrollo de un proyecto de Ingeniería de Software basado en el paradigma de la Ingeniería de Sistemas y la Administración de Proyectos, campos de conocimiento que permiten realizar un marco de trabajo basado en procesos.

La propuesta de solución a la problemática planteada respecto a la Administración de Proyectos en la Administración Pública a partir de la metodología de Ingeniería de Sistemas se desarrolla y expone **en el capítulo 4**. En este se presenta una de las aportaciones de esta tesis de investigación que se refiere a la elaboración de proyectos en el sector público a través de la conformación de un cuerpo de conocimientos basado en procesos orientados a la Administración de Proyectos y centrada en la entrega de valor mediante el desarrollo de sistemas duros y su contribución al cumplimiento de los objetivos del sistema principal, que en este caso son los organismos que conforman el sector público, por ejemplo, las secretarías de Estado y los organismos constitucionales autónomos.

**En el capítulo 5** se realiza un caso de aplicación en su primera fase de desarrollo correspondiente a las primeras fases del ciclo de vida de un proyecto de software. Debido a cuestiones de tiempo e implementación, se tomaron en consideración únicamente las primeras fases de la metodología empleada relativas a la planeación de programas y planeación tanto exploratoria como planeación de desarrollo para un proyecto en particular, dicho proyecto aporta valor directamente a los procesos centrales de evaluación que realiza el INEE para diversas pruebas educativas.

**En la sección líneas de investigación** se describen brevemente las investigaciones futuras relacionadas con este trabajo, de forma que conforme ocurra su desarrollo puedan contribuir de forma importante a la mejora de los procesos y herramientas contenidos en el cuerpo de conocimientos conformado en este trabajo. Entre las líneas de investigación de mayor relación se encuentra la planeación para implementar un gobierno de TI en la Administración Pública y el diseño e implementación de oficinas de proyectos en el mismo sector, esto como apoyo a los procesos que conforman el cuerpo de conocimientos propuesto. Por otro lado,

como contribución a este mismo marco de trabajo se encuentra la investigación en la gestión de las operaciones de proyectos de TI con la finalidad de asegurar que los sistemas cumplan su función y se tomen acciones en caso de que esto no suceda.

**Finalmente, en la sección de las conclusiones** se encuentran las conclusiones generales del presente manuscrito incluyendo las observaciones documentales, los principales descubrimientos al momento de construir el marco de trabajo basado en procesos, así como los resultados de la validación de los supuestos, los hallazgos más sobresalientes del caso de aplicación y las situaciones más importantes durante este proceso de investigación.

# 1 Antecedentes

El presente capítulo expone el panorama de la Administración Pública en México y particularmente el caso de las organizaciones constitucionales autónomas, describiendo el caso específico del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación en el ámbito del desarrollo de proyectos de sistemas de software. Se ha seleccionado este caso en particular debido a que el autor cuenta con la información necesaria y tiene la posibilidad de contribuir a mejorar una situación problemática en el diseño e implementación de proyectos de ingeniería de software.

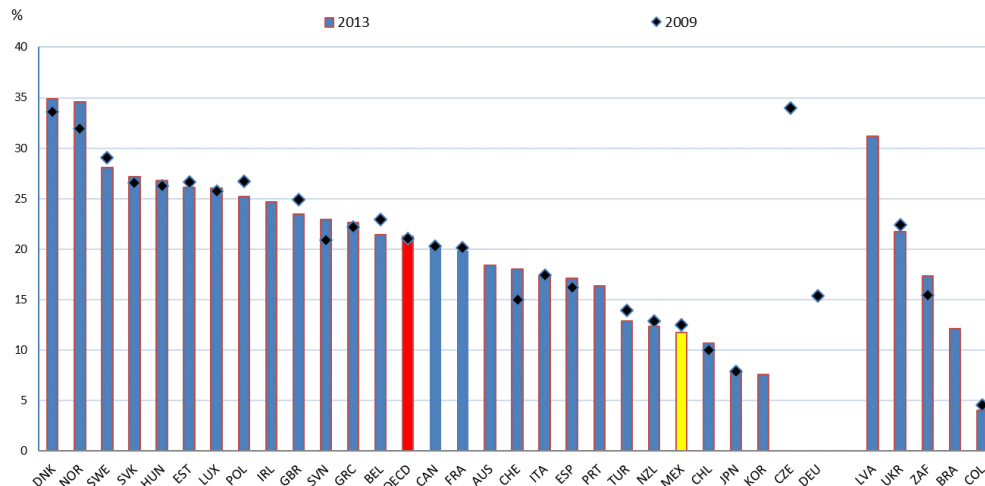
## 1.1 La Administración Pública en México

Las grandes organizaciones tanto públicas como privadas, para alcanzar sus objetivos, requieren un manejo óptimo de sus recursos, debido a que estos son limitados. En este sentido, la administración es una herramienta muy utilizada para tal fin, pues es descrita como un proceso de coordinación mediante el cual se optimizan y maximizan los recursos de una organización para la consecución de sus objetivos mediante el logro de la calidad, eficiencia, eficacia y productividad (Münch, 2015).

En las administraciones públicas, como en cualquier organización, es necesario optimizar recursos, sin embargo, la consecución de objetivos está determinada por un marco legal constitucional, de forma que la administración pública tiene particular interés en situaciones concretas y en el uso eficaz de los recursos de que disponen los servidores públicos (White, 1954), así que debe existir un total apego a las funciones y atribuciones conferidas a través de la normatividad correspondiente y una clara rendición de cuentas. Esto significa que los planes, programas y proyectos que contribuyen a cumplir con las funciones y atribuciones de la Institución deben cumplir con el marco legal aplicable.

En México existen 18 secretarías de Estado, 229 entidades del gobierno y 10 organismos constitucionales autónomos (SEGOB, 2017). El sector público en México ocupa un 11.8 % de la fuerza laboral del país (OCDE, 2015), en comparación con los países de la OCDE punteros en este indicador como Dinamarca con 35% y Noruega con 33%, México tiene una proporción menor de servidores públicos, lo que lo sitúa incluso por debajo del promedio de la OCDE de 21% (ver Figura 1). Sin embargo, para el país resulta una cantidad importante, puesto que este sector corresponde a un total de 3,320,613 servidores públicos, lo que a su vez representa el 2.76% de la población total de México (INEGI, 2015).





**Figura 1. Porcentaje de servidores públicos por país. Fuente OCDE 2015.**

En contraparte, el porcentaje de recursos que se recaudan bajo el concepto de impuestos es el reflejo de altas tasas impositivas para determinados estratos socioeconómicos, además de la pobre retribución de atención y servicios públicos de calidad e ineficiencia por parte de la Administración Pública. Esta es una de las razones por la cual existe la percepción de que el sector público en México es grande dado que con una cantidad considerable de recursos recaudados en impuesto se ofrecen servicios de baja calidad. No obstante, lo anterior, en México las tasas de recaudación de impuestos con respecto al PIB son menores que el promedio de la OCDE (2015), esto puede deberse, en gran medida, al porcentaje tan alto de personas que trabajan en la informalidad y que no contribuyen al gasto público.

Para garantizar los beneficios que debe proveer el Estado es necesario gestionar de forma adecuada los recursos y cumplir cabalmente con las atribuciones en cada una de las secretarías de Estado, entidades de gobierno y organismos constitucionales autónomos. En el caso particular de los organismos con carácter autónomo su importancia en este contexto radica en sus funciones técnicas, reguladoras y garantes de derechos (Ruiz, 2017) (ver Tabla 1). Por ejemplo, El Banco de México (Banxico) funge como un organismo regulador para garantizar el poder adquisitivo de la moneda nacional a través de la supervisión de las instituciones financieras; el Instituto Nacional Electoral (INE) tiene como principal atribución organizar las elecciones federales<sup>3</sup>, y organizar las elecciones locales para cada entidad federativa en conjunto con las autoridades locales; por su parte, la Universidad

<sup>3</sup> México es una república representativa, democrática y federal, por lo que los representantes se eligen de manera democrática mediante elecciones en cada una de las federaciones también llamadas entidades federativas que conforman a la nación. Las elecciones federales incluyen la elección de la presidencia, y de diputados y senadores que integran el Congreso de la Unión.

Nacional Autónoma de México (UNAM) en conjunto con otras universidades públicas autónomas tienen la función de proveer educación superior gratuita y de calidad.

<b>Organismo constitucional autónomo</b>	<b>Función</b>
<b>Universidades y UNAM</b>	<i>Garante de derechos</i>
<b>Tribunal Superior Agrario</b>	<i>Regulador</i>
<b>Banco de México (Banxico)</b>	<i>Técnico / regulador</i>
<b>Instituto Nacional Electoral (INE)</b>	<i>Garante de derechos</i>
<b>Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH)</b>	<i>Técnico</i>
<b>Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)</b>	<i>Técnico</i>
<b>Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE)</b>	<i>Regulador</i>
<b>Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)</b>	<i>Regulador</i>
<b>Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)</b>	<i>Técnico</i>
<b>Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos (IFAI)</b>	<i>Garante de derechos</i>
<b>Fiscalía General de la República (FGR)</b>	<i>Garante de derechos, punitivo y de investigación</i>

**Tabla 1. Organismos constitucionales autónomos. Fuente: Ruíz, 2017.**

La educación es uno de los derechos constitucionales que mayor impacto tiene en la calidad de vida de las personas, de manera que, para garantizar su cumplimiento, la Ley General de Educación establece distintas disposiciones para garantizar la calidad en la educación obligatoria. Una de las disposiciones más importantes es la evaluación del Sistema Educativo Nacional (SEN), atribución conferida al Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) como organismo constitucional autónomo de carácter regulador (ver Tabla 1).

## 1.2 La Evaluación Educativa en México

La Secretaría de Educación Pública (SEP) se encargó de realizar la Evaluación Educativa en México desde su creación en 1921, con el tiempo fue necesario el apoyo técnico para realizar algunas tareas sustantivas de evaluación, de manera que se creó el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) en el año 2002 como un organismo público descentralizado de la Secretaría de Educación Pública (SEP) y con carácter técnico para ofrecer a las autoridades educativas de naturaleza federal y locales, así como al sector privado, las herramientas idóneas para realizar la evaluación de los diferentes elementos que integran sus correspondientes sistemas educativos.

En México, la educación se conforma de distintos niveles educativos; educación preescolar, primaria, secundaria, nivel medio superior, y nivel superior. La educación preescolar,

primaria y secundaria conforman la educación básica obligatoria, adicionalmente el nivel medio superior se considera también educación obligatoria. En el nivel superior, se incluyen los estudios de Técnico Superior Universitario (TSU), Licenciatura, Especialización, Maestría y Doctorado (Ver Figura 2).



**Figura 2. Niveles educativos en México. Fuente: Elaboración propia.**

Para garantizar la calidad de la educación obligatoria es necesario el trabajo en conjunto, principalmente por parte de la Secretaría de Educación Pública (SEP), las autoridades educativas federales (AEF) y locales (AEL) para proveer de educación obligatoria a todos los mexicanos, y el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) como organismo constitucional autónomo para evaluar las competencias y el aprendizaje con la finalidad de contribuir a la mejora de la educación obligatoria (ver Tabla 1).

Para valorar el logro educativo y el aprendizaje en la educación básica obligatoria, ha sido necesario contar con un organismo regulador que a su vez otorgue legitimidad a los resultados obtenidos. En este sentido, se vuelve un tema de especial atención porque en principio e idealmente, la evaluación se realiza con el objetivo de conseguir una mejora en la educación. No obstante, en muchos casos, la evaluación realizada no desemboca en la obtención de mejores resultados en el sector educativo, e incluso es posible que no suceda una evaluación adecuada en términos técnicos debido a diversas causas.

En el año 2013 las tareas de evaluación educativa dejaron de realizarse por la Secretaría de Educación Pública (SEP) cuando el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación se convirtió en un organismo constitucional autónomo con facultades para coordinar el Sistema Nacional de Evaluación Educativa (SNEE), así como para evaluar la calidad, el desempeño y los resultados del Sistema Educativo Nacional (SEN) en lo que se refiere a la educación básica y la educación media superior, tanto pública como privada, en todas sus modalidades y servicios.

El Sistema Educativo Nacional, es un conjunto de componentes, procesos, actores, leyes, normas e instituciones que intervienen en la educación en nuestro país. Está conformado por los estudiantes, los padres de familia, la legislación en materia educativa, las instituciones educativas tanto públicas como privadas, y los organismos públicos como la Secretaría de

Educación Pública (SEP). Por su parte, el Sistema Nacional de Evaluación Educativa (SNEE) es un conjunto de elementos, componentes, procesos que intervienen y confluyen directamente en la evaluación educativa en su totalidad y a nivel nacional, se conforma por autoridades educativas federales (AEF), autoridades educativas locales (AEL) y por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) que se encuentra a cargo de su coordinación.

Actualmente las funciones de evaluación educativa las realiza el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) de forma autónoma. Para lo cual se encarga del diseño de mediciones y evaluaciones relativas a los componentes, procesos y resultados del Sistema Educativo Nacional (SEN) mediante la aplicación de instrumentos de evaluación, para la posterior emisión de directrices relevantes que contribuyan a las decisiones que permitan mejorar la calidad de la educación y lograr la equidad.

### 1.3 El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación INEE

EL Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), es un organismo público, con autonomía de gestión y presupuestaria, con patrimonio propio y personalidad jurídica propia, que tiene como principal atribución la evaluación de la educación en México.

La visión del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es ser un organismo reconocido por su autoridad en materia de evaluación de la educación, por la solidez técnica de sus productos y por sus aportaciones a las decisiones de política educativa del Estado Mexicano.

La misión del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es evaluar la educación obligatoria, así como coordinar y regular las tareas de evaluación en el marco del Sistema Nacional de Evaluación Educativa (SNEE) y aportar directrices de mejora con el fin de contribuir al cumplimiento del derecho a una educación de calidad con equidad.

Su marco jurídico se encuentra en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la Ley de Educación y en la Ley del INEE principalmente. Posee un Estatuto Orgánico y un Manual de Organización en donde se describe de forma detallada las funciones del Instituto.

#### 1.3.1 Origen y estructura organizacional

El origen y desarrollo del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) se puede describir a través de eventos relevantes que han modificado su identidad jurídica a través de modificaciones en la normativa y marco legal. Es posible resumir el desarrollo del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) mediante la siguiente cronología:

- El INEE surge en 2002 por decreto presidencial como un Instituto descentralizado de la SEP.
- Entre 2011 y 2013 realiza sus funciones como un Instituto descentralizado no sectorizado.
- En 2013 se convierte en un Instituto autónomo.

La estructura organizacional del INEE se constituye de 5 niveles

- Junta de Gobierno
- Órganos Colegiados (Consejos Técnicos)
- Unidades Administrativas
- Direcciones Generales
- Direcciones del INEE en las Entidades (DINEE)

### 1.3.2 Funciones y atribuciones

Con la finalidad de cumplir sus funciones como Instituto, el INEE tienen entre sus atribuciones y facultades, las siguientes;

- Evaluar al Sistema Educativo Nacional (SEN)
- Coordinar el Sistema Nacional de Evaluación Educativa (SNEE)

De acuerdo con el artículo 27 de la Ley del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, este tiene las siguientes atribuciones:

I. Fungir como autoridad en materia de evaluación educativa a nivel nacional.

II. Coordinar el Sistema Nacional de Evaluación Educativa.

III. Contribuir a la evaluación de los procesos de formación, actualización, capacitación y superación profesional de los docentes.

IV. Diseñar, implementar y mantener actualizado un sistema de indicadores educativos y de información de resultados de las evaluaciones.

V. Establecer mecanismos de interlocución con Autoridades Educativas y en su caso Escolares, para analizar los alcances e implicaciones de los resultados de las evaluaciones, así como las directrices que de ellos se deriven.

VI. Formular, en coordinación con las autoridades educativas, una política nacional de evaluación de la educación encauzada a mejorar la calidad del Sistema Educativo Nacional.

VII. Expedir los lineamientos a los que se sujetarán las autoridades educativas para llevar a cabo las funciones de evaluación que les correspondan.

VIII. Generar, recopilar, analizar y difundir información que sirva de base para la evaluación del Sistema Educativo Nacional y, con base en ella, emitir directrices que sean relevantes para contribuir a las decisiones tendientes a mejorar la calidad de la educación y su equidad.

IX. Diseñar e implementar evaluaciones que contribuyan a mejorar la calidad de los aprendizajes de los educandos, con especial atención a los diversos grupos regionales, a minorías culturales y lingüísticas y a quienes tienen algún tipo de discapacidad.

X. Solicitar a las autoridades educativas la información que requiera para dar cumplimiento al objeto, finalidad y propósitos de esta Ley.

XI. Celebrar actos jurídicos para formalizar la participación, colaboración y coordinación en materia de evaluación educativa con las autoridades educativas, así como con entidades y organizaciones de los sectores público, social y privado, tanto nacionales como extranjeros.

XII. Auxiliar, a través de asesorías técnicas, a otras instituciones o agencias, en el diseño y aplicación de las evaluaciones que lleven a cabo, para fortalecer la confiabilidad de sus procesos, instrumentos y resultados.

XIII. Asesorar y, en su caso, supervisar el diseño y aplicación de instrumentos de medición para las evaluaciones de los componentes, procesos o resultados del Sistema Educativo Nacional que realicen las Autoridades Educativas, en el marco de sus atribuciones y competencias.

XIV. Realizar y promover estudios e investigaciones destinadas al desarrollo teórico, metodológico y técnico de la evaluación educativa, así como lo que se refiera al uso de los resultados.

XV. Participar en proyectos internacionales de evaluación de la educación que sean acordados con las Autoridades Educativas o instancias competentes.

XVI. Impulsar y fomentar una cultura de la evaluación entre los distintos actores educativos, así como entre diversos sectores sociales, a efecto de que las directrices que emita el Instituto, previa evaluación de la educación, se utilicen como una herramienta para tomar decisiones de mejora, desde el ámbito del sistema educativo, en los tipos, niveles y modalidades educativos, los centros escolares y el salón de clases.

XVII. Promover y contribuir a la formación de especialistas en distintos campos de la evaluación de la educación. Asimismo, realizar las acciones de capacitación que se requieran

para llevar a cabo los proyectos y acciones de evaluación del Instituto y en su caso del Sistema.

XVIII. Las demás que le correspondan conforme a esta Ley y otras disposiciones aplicables.

### 1.3.3 Proyectos de Evaluación Educativa

Una de las funciones sustantivas del INEE, es realizar la evaluación de componentes, procesos y resultados del Sistema Educativo Nacional (SEN) mediante el desarrollo y aplicación de instrumentos de evaluación, los cuales se realizan a través de los llamados proyectos de evaluación.

Un proyecto de evaluación es un conjunto de pruebas que se aplican a estudiantes, docentes, directivos, padres de familia y a otros actores que intervienen en el Sistema Educativo Nacional (SEN). Se realizan a través de la aplicación de instrumentos de evaluación.

Entre los proyectos de evaluación que ha realizado el INEE, se encuentran:

- ENLACE y EXCALE
- PLANEA
- EVOE
- PISA Internacional
- TALIS Video

Un instrumento de evaluación es una prueba o cuestionario que se aplica a distintos actores del Sistema Educativo Nacional (SEN) con el objetivo de evaluarlo de manera holística. Los instrumentos de evaluación más comunes son cuestionarios y pruebas. Los cuestionarios son aplicados con la finalidad de conocer las condiciones de aprendizaje mediante proyectos como EVOE (Evaluación de la Oferta Educativa) y las pruebas se realizan para evaluar el logro educativo a través de pruebas como el PLANEA (Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes).

Los instrumentos de evaluación son cuestionarios diseñados especialmente para que al ser respondidos pueda obtenerse la información mediante procesos automatizados, con lo que se generan archivos de datos con las respuestas de la totalidad de cuadernillos aplicados. Actualmente se realizan procesos de reconocimiento de marcas ópticas para obtener los resultados del levantamiento.

## 1.4 Desarrollo de proyectos de Tecnologías de la Información en el INEE

Para llevar a cabo las evaluaciones mediante la aplicación de los distintos instrumentos de evaluación, se precisa de herramientas tecnológicas que apoyen los procesos de levantamiento y procesamiento de datos.

El desarrollo de proyectos de software Institucional recae en la Dirección General de Informática y Servicios Técnicos (DGIST), sin embargo, para realizar y desarrollar proyectos de software propios para la operación en campo y el procesamiento de datos, es necesario que la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD) a través de la Dirección de Procesamiento de la Información (DPI) establezca, diseñe y desarrolle los proyectos de software para apoyar el proceso central de levantamiento y procesamiento de datos.

Actualmente no existe un estándar o marco de referencia para administrar proyectos de software en la Dirección General de Informática y Servicios Técnicos (DGIST), tampoco en la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD), existen Oficinas de Proyectos que apoyen, faciliten o controlen el desarrollo de proyectos de software.

El desarrollo de proyectos de software en el INEE se realiza bajo criterios de arquitectura institucional basados en la arquitectura SOA<sup>4</sup>(Arquitectura Orientada a Servicios) y el desarrollo de metodologías y principio ágiles. Particularmente en la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD) se utiliza la metodología ágil SCRUM<sup>5</sup> para el desarrollo de software.

Actualmente no existen estándares definidos para la gestión del servicio de sistemas de software en el INEE. En la DGLPD se programa la capacitación de personal de mesa de ayuda y apoyo técnico para dar soporte a los sistemas, mientras se utilizan en la aplicación y operación. Sin embargo, no existen planes de prosecución técnica para estos sistemas.

## 1.5 Conclusiones

La función principal de las Administraciones Públicas es garantizar los derechos de la población. La educación es uno de los derechos que mayor importancia tiene en la calidad de vida de las personas, por lo que se requiere de especial atención mediante una cuidadosa evaluación.

En México, la evaluación educativa ha tenido cambios importantes que permiten observar el interés por mejorar la calidad de la educación. Inherente a estos cambios, se encuentran asociados un conjunto de elementos que forman parte de un sistema denominado el Sistema Nacional de Evaluación Educativa (SNEE) que a su vez forma parte del Sistema Educativo Nacional (SEN).

---

<sup>4</sup> Metodología que permite alinear las metas de negocio con la tecnología

<sup>5</sup> Marco de trabajo para el desarrollo de proyectos ágiles caracterizado por adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto.



Uno de los elementos que se encuentran dentro de las organizaciones con roles importantes en estos sistemas organizacionales son los sistemas de información/software, entendidos con mayor amplitud como resultado de proyectos de TI, los cuales permiten que se realicen las operaciones con un mayor alcance y eficiencia.

Cualquier tipo de proyecto de TI que se desarrolle es importante para facilitar las funciones y procesos clave y requiere especial atención sobre todo en lo referente a los procesos y metodologías que se adoptan para cumplir con el desarrollo exitoso de dichos proyectos, en el caso particular del INEE como organismo autónomo para realizar evaluación educativa en México, no se cuenta con estándares de desarrollo que guíen la realización de proyectos de TI de forma satisfactoria, sobre todo para los usuarios finales y en especial atención al cuidado de los recursos.

## 2 Formulación de la Problemática

Para definir el problema de investigación es necesario realizar un diagnóstico sobre el objeto de estudio, para lo cual, en el presente trabajo, el objeto de estudio se modela como un sistema. La problemática manifestada proporcionará los elementos requeridos para identificar el problema de manera precisa y así proponer una alternativa de solución factible en su implementación y viable en su operación.

### 2.1 Diagnóstico

Como parte de la identificación de la problemática es necesario desarrollar una serie de pasos con el objetivo de elaborar el planteamiento del problema, para esto se requiere delimitar el objeto de estudio y modelarlo como un sistema (Ochoa-Rosso, 1990) a través del modelo de caja negra, el estado actual y el estado pasado para identificar las discrepancias, desarrollar un pronóstico y determinar el estado deseado a fin de identificar discrepancias futuras y analizar sus causas (Gelman & Negroe, 1982).

#### 2.1.1 Definición del objeto de estudio

##### 2.1.1.1 *Introducción*

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es un organismo público autónomo, dedicado, fundamentalmente, a la evaluación educativa. Así como a aportar directrices de mejora con el fin de contribuir al cumplimiento del derecho a una educación de calidad con equidad, acorde con la misión establecida en el marco del sector económico terciario en el que se encuentra.

##### 2.1.1.2 *Normatividad del INEE*

El marco legal que faculta al INEE para realizar sus funciones se encuentra establecido en la siguiente normatividad:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículo 3, fracción IX)
- Ley del INEE
- Ley General de Educación (Sección 4. Artículos 29-31)
- Estatuto Orgánico del INEE
- Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos
- Manual de Organización del INEE

Cabe mencionar que la creación del INEE como un organismo público y autónomo tiene fundamento constitucional en los artículos mencionados.

### 2.1.1.3 Ubicación espacial

En sus inicios, la sede del Instituto se encontraba en Av. José María Velasco Número 1 Col. San José Insurgentes, Delegación Benito Juárez, C.P. 03900, hasta el año 2014, a partir de entonces la nueva sede central del INEE se encuentra en la colonia San José Insurgentes número 341 de la Av. Barranca del Muerto en la Ciudad de México en la alcaldía Benito Juárez, que limita con la alcaldía Álvaro Obregón.



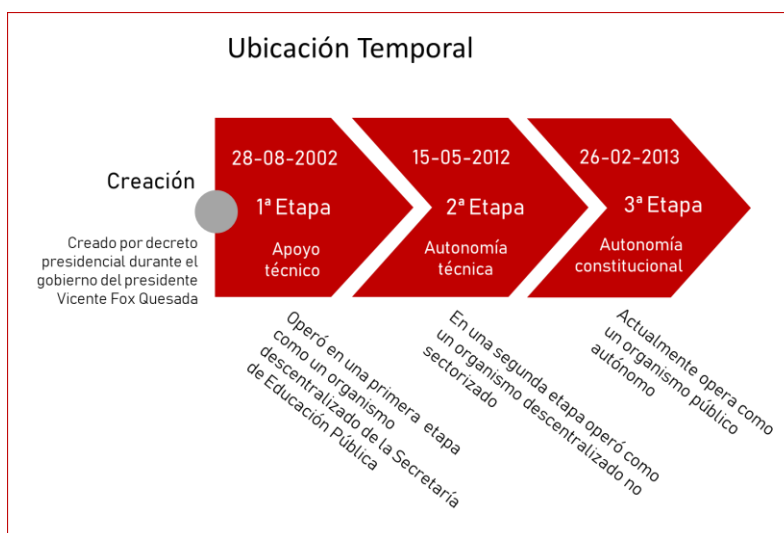
**Figura 2. Ubicación espacial del INEE (Sede central). Fuente: Elaboración propia mediante Sistema de Información Geográfica (SIG).**

El Instituto precisa de mantener coordinación con las autoridades federales, locales y con el sector privado para realizar la evaluación educativa en México, para lo que, en el año 2015, la Junta de Gobierno de INEE, aprobó la creación de las Direcciones del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación en las Entidades Federativas (DINEE), las cuales tienen como propósito colaborar y facilitar el trabajo que realiza el Instituto en México.

### 2.1.1.4 Ubicación temporal

El Instituto surge por decreto presidencial en agosto de 2002 como un organismo público de carácter técnico, descentralizado de la Secretaría de Educación Pública (SEP), cuya función es ofrecer información y conocimiento para apoyar la toma de decisiones y contribuir a mejorar la calidad de la educación.

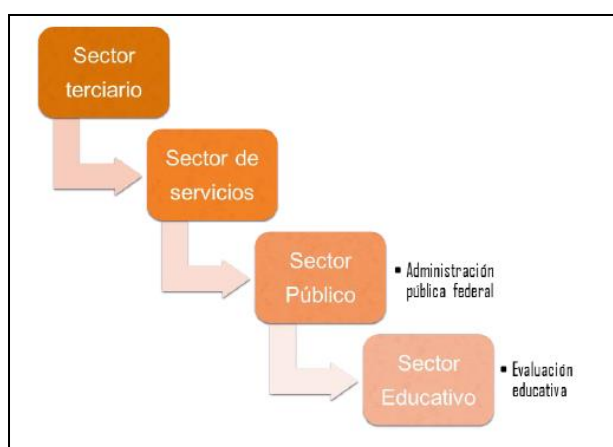
En mayo de 2012 se convierte en un organismo descentralizado no sectorizado, y en febrero del año 2013 se le otorga autonomía constitucional convirtiéndose en un organismo público autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio.



**Figura 3. Ubicación Temporal del INEE. Fuente: Elaboración propia.**

#### 2.1.1.5 Ubicación sectorial

El INEE se localiza en el sector terciario de servicios, dentro del sector público en el ámbito de evaluación educativa. Aporta directrices para la mejora con el fin de contribuir al cumplimiento del derecho a una educación de calidad con equidad, acorde con la misión establecida en el marco bajo el que se encuentra.



**Figura 4. Ubicación Sectorial del INEE. Fuente: Elaboración propia.**

#### *2.1.1.6 Funciones del INEE*

Las funciones y atribuciones del INEE se fundamentan en la Normatividad del Instituto. Particularmente en el artículo 3 fracción IX de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, se establece que: “Para garantizar la prestación de servicios educativos de calidad, se crea el Sistema Nacional de Evaluación Educativa. La coordinación de dicho sistema estará a cargo del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación será un organismo público autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Corresponderá al Instituto evaluar la calidad, el desempeño y resultados del sistema educativo nacional en la educación preescolar, primaria, secundaria y media superior. Para ello deberá:

- a) Diseñar y realizar las mediciones que correspondan a componentes, procesos o resultados del sistema;
- b) Expedir los lineamientos a los que se sujetarán las autoridades educativas federal y locales para llevar a cabo las funciones de evaluación que les corresponden,
- c) Generar y difundir información y, con base en ésta, emitir directrices que sean relevantes para contribuir a las decisiones tendientes a mejorar la calidad de la educación y su equidad, como factor esencial en la búsqueda de la igualdad social.”

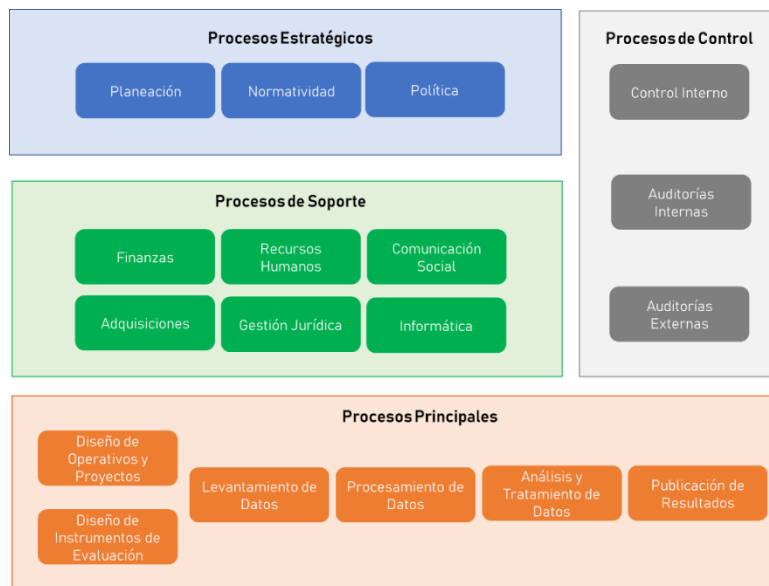
Las funciones y atribuciones principales del INEE, vistas desde una perspectiva de procesos organizacionales se exponen en la figura 5.

Se muestra que los procesos estratégicos se encuentran asociados a la planeación, a la emisión de normatividad interna del INEE, así como a la emisión de directrices que buscan incidir en la política educativa.

Por otro lado, se establece que dentro de los procesos operativos se encuentran los relacionados con la realización de las evaluaciones al Sistema Educativo Nacional (SEN). Para evaluar el SEN, el INEE desarrolla algunos proyectos de evaluación que se realizan a nivel nacional.

El Procesamiento de Datos es uno de los procesos principales de mayor relevancia en la cadena de valor. Este proceso será el objeto de estudio y determinará al sistema de transformación que se analizará.

Cabe mencionar que todavía no se cuenta con el mapeo ni descripción de procesos del Instituto, por lo que la concepción de los procesos es de elaboración propia.



**Figura 5. Mapa de procesos del INEE. Fuente: Elaboración propia.**

#### 2.1.1.7 Proyectos de evaluación

Para cumplir con la atribución de “Diseñar y realizar las mediciones que correspondan a componentes, procesos o resultados del sistema”, el INEE lleva a cabo diferentes proyectos de evaluación que consisten básicamente en los procesos operativos que conforman la cadena de valor del INEE (diseño de proyectos de evaluación, levantamiento de datos, procesamiento de datos, análisis y tratamiento de datos, y publicación de resultados).

Algunos de los proyectos más representativos que desarrolla el INEE son:

- **PLANEA**

Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes. Evalúa el aprendizaje de los alumnos de distintos niveles educativos (Preescolar, Primaria, Secundaria, y Educación Media Superior). Algunos de los aspectos o asignaturas que evalúa de forma general son: español, matemáticas y ciencias naturales. La prueba se aplica únicamente a los alumnos y es de relevancia nacional. Esta prueba sustituyó a las pruebas ENLACE y EXCALE que aplicaba el INEE en años anteriores.

- **EVOE**

Evaluación de la Oferta Educativa. Tiene como propósito evaluar las condiciones en las que se lleva a cabo la educación considerando aspectos como infraestructura, gestión escolar y recursos, así como la implementación curricular. Consiste en una serie de cuestionarios que se aplican a docentes, directores y alumnos.

Además, algunos de los proyectos internacionales que coordina el INEE en México son:

- **PISA**

Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos. Estudio Internacional desarrollado por la OCDE que evalúa el aprendizaje de los alumnos de 15 años en competencias básicas y aprendizaje para la participación plena en la sociedad.

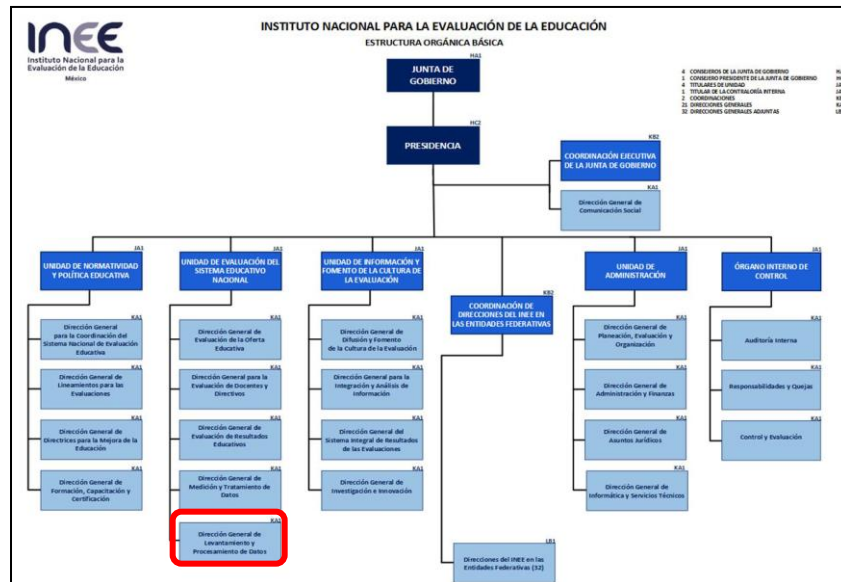
- **TALIS**

Encuesta Internacional sobre Docencia y Aprendizaje. Es un estudio comparativo desarrollado por la OCDE sobre la enseñanza y práctica docente a nivel internacional. Esta prueba consiste en una serie de cuestionarios y videograbaciones dirigidos a los docentes, así como pruebas aplicadas a los alumnos.

#### *2.1.1.8 Estructura organizacional*

El INEE, conforme a la normatividad aplicable y para cumplir con sus atribuciones constitucionales, establece una estructura organizacional en su Estatuto Orgánico, que lo organiza de la siguiente manera:

- La Junta de Gobierno como la máxima autoridad en el Instituto.
- Un miembro de la Junta de Gobierno es el Consejero Presidente quien representa legalmente al Instituto.
- Existen Unidades Administrativas a cargo de la Junta de Gobierno.
- Cada Unidad Administrativa tiene adscritas dos o más Direcciones Generales.
- Cada Dirección General tiene adscritas dos o más Direcciones de Área.
- Cada Dirección de Área tiene adscritas dos o más Subdirecciones de Área.
- Cada Subdirección de Área cuenta con Jefes de Departamento, Jefes de Proyecto, Enlaces y Personal Operativo.



**Figura 6. Estructura organizacional del INEE. Fuente: INEE, 2017.**

El número de trabajadores del INEE es aproximadamente 1000 incluyendo los que laboran en la sede central y en las Direcciones del INEE en las Entidades Federativas (DINEE).

En la sede central, la Unidad de Evaluación del Sistema Educativo Nacional (UESEN) es la que cuenta con mayor cantidad de personal puesto que aquí se realizan todos los procesos principales del INEE, de manera que la calidad de la evaluación educativa se determina por el trabajo en esta unidad organizacional.

Al interior de la Unidad de Evaluación del Sistema Educativo Nacional (UESEN) se encuentra la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD) que es el área encargada de llevar a cabo la aplicación de las pruebas y la recolección de los datos.

Como parte de la recolección de datos se realiza su procesamiento que consiste en la lectura de marcas ópticas desde los cuadernillos en donde se recopiló la información. La Dirección de Procesamiento de la Información es el área dependiente de la DGLPD que se encarga de obtener la información levantada para generar los archivos de datos que serán analizados por la Dirección General de Medición y Tratamiento de Datos (DGMTD).

En este trabajo se analizarán los procesos de desarrollo de software en la Dirección de Procesamiento de la Información como parte de la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos. Se realiza un proceso de construcción por descomposición para mostrar la estructura del área antes mencionada (Figura 7).





**Figura 7. Objeto de estudio: construcción por descomposición.  
Fuente: Elaboración propia.**

### 2.1.2 Descripción del estado actual-pasado

El Instituto tiene relativamente poco tiempo desde su fundación comparado con el resto de los Institutos autónomos e Instituciones gubernamentales de México, los problemas que tiene se relacionan directamente con la madurez de los procesos existentes principalmente; el desarrollo de software y de proyectos de TI no son la excepción. El INEE, en su estado de autonomía técnica y de gestión interna ha realizado diversos cambios organizacionales, el más importante fue la reestructuración de la Dirección General de Planeación, y de la creación de la Dirección de Estadística Operativa en la DGLPD. Actualmente el Instituto se enfrenta a situaciones externas de índole político que ponen en riesgo de alguna manera la labor que lleva a cabo.

### 2.1.3 Situaciones problemáticas (Identificación de discrepancias)

Con el objetivo de identificar las situaciones problemáticas para, posteriormente, caracterizar plenamente el problema del desarrollo de proyectos de software y hallar sus causas se ha empleado la técnica de Diagrama Causa-Efecto con el objetivo de tener una visión general y divergente del problema. La identificación de causas se realizó mediante la participación de tres tipos de personas en la estructura orgánica-funcional con diferente nivel jerárquico y en diferentes momentos: Director de Área, Jefe de Departamento y Personal de Enlace, todos involucrados en el área técnica y en el desarrollo de sistemas de software.

Existen distintas herramientas de análisis causal que permiten analizar problemas con diferentes objetivos, por ejemplo, el análisis mediante diagrama de causa efecto permite trabajar en el diagnóstico de un problema complejo cuya problemática emerge de más de una causa importante y en donde además se producen efectos múltiples. La técnica causa efecto es de rápida implementación. Para situaciones en donde se dispone de mediciones es posible adicionalmente aplicar un análisis de Pareto, sin embargo, para este caso se utilizó únicamente la técnica causa-efecto debido a la escasa disponibilidad de la información y al tiempo restringido para elaborar un diagnóstico.

La técnica causa-efecto es una técnica útil para diagnosticar problemas de calidad (Ishikawa, 1985) y se han comprobado sus resultados en distintos ámbitos, en medicina (Gartlehner et al., 2017) en aplicaciones industriales (Ishikawa, 1985) y en otros problemas de ingeniería de proyectos (Al-Zwainy & Mezher, 2017).

#### 2.1.4 Resultados del diagnóstico (Planteamiento del problema)

Con respecto al problema en el desarrollo de software en la DGLPD, se identificaron las causas más comunes y los principales efectos con sus respectivas relaciones, los cuales fueron agrupados por categorías para posteriormente agruparlos en causas y efectos principales. Es importante precisar que el diagnóstico se ha realizado para un área funcional que trabaja como sistema suave, sin embargo, el objetivo del proceso de desarrollo de software es diseñar, implementar y mantener sistemas de software que son considerados sistemas duros. Es por esta razón que el diagnóstico trabaja con técnicas participativas propias de sistemas sociotécnicos, pero la propuesta de solución está relacionada directamente con metodologías de sistemas duros o de ingeniería.

##### **Causas:**

- **Procesos de desarrollo**
  - > Empleo inadecuado de metodologías ágiles
  - > Inexistencia de un proceso formal de recopilación de requisitos
  - > Falta de uso de algún proceso de desarrollo de software
  - > Poco uso de herramientas para especificación de requisitos
  
- **Análisis y Diseño**
  - > Poco énfasis en el diseño de los sistemas
  - > Las bases de datos de los sistemas no están normalizadas
  - > Poco conocimiento en diseño de bases de datos relacionales
  - > Desconocimiento de estándares para diseño de sistemas

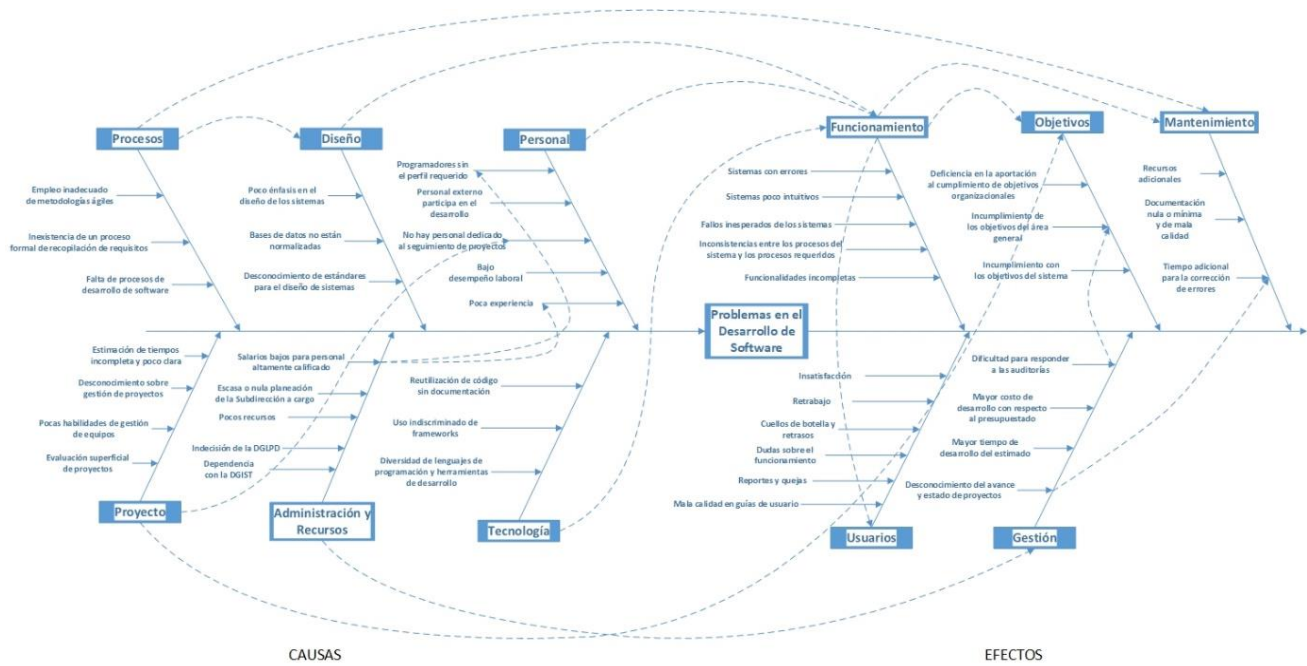
- **Proyectos**
  - > Evaluación superficial de proyectos
  - > Poca preparación y habilidades en gestión de equipos
  - > Desconocimiento sobre gestión de proyectos
  - > Estimación de tiempos incompleta, difusa y poco clara
  
- **Administración y Recursos**
  - > Indecisión de la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD) y postergación al seleccionar los proyectos para desarrollar
  - > Asignación de pocos recursos a los proyectos
  - > Escasa o nula planeación por parte de la Subdirección encargada del desarrollo de sistemas
  - > Salarios bajos para personal altamente calificado que no es posible contratar
  - > Dependencia de la infraestructura que gestiona la DGIST para cargar y actualizar los sistemas
  
- **Tecnología**
  - > Diversidad de lenguajes de programación y herramientas de desarrollo
  - > Uso indiscriminado de frameworks<sup>6</sup> y librerías de software prefabricadas
  - > Reutilización/utilización de código previamente desarrollado, pero sin documentación
  
- **Personal**
  - > Programadores sin el perfil requerido para un área técnica
  - > Personal externo participa en el desarrollo
  - > No hay personal dedicado al seguimiento de proyectos
  - > Programadores con bajo desempeño laboral
  - > Programadores con poca experiencia

---

<sup>6</sup> Conjunto de elementos de software prediseñados que sirven como base para el desarrollo de nuevos programas de software

## **Efectos:**

- **Funcionamiento de sistemas**
  - > Sistemas con errores y poco intuitivos
  - > Fallos inesperados de los sistemas
  - > Inconsistencias entre los procesos del sistema y los procesos requeridos por los usuarios
  - > Características y funcionalidades incompletas de los sistemas
  
- **Usuarios**
  - > Usuarios poco satisfechos
  - > Retrabajo del personal debido a las fallas de los sistemas
  - > Cuellos de botella y retrasos ocasionados por las fallas de los sistemas
  - > Usuarios con dudas sobre el funcionamiento de los sistemas
  - > Reportes o quejas sobre el funcionamiento de los sistemas
  - > Mala calidad en elaboración de guías y manuales de usuario
  
- **Objetivos**
  - > Deficiencia en la aportación del cumplimiento de objetivos organizacionales
  - > Incumplimiento de los objetivos del área
  
- **Gestión**
  - > Dificultades para responder satisfactoriamente a las auditorías
  - > Mayor costo de desarrollo con respecto al presupuestado
  - > Mayor tiempo de desarrollo con respecto al esperado
  - > Desconocimiento del avance y estado de los proyectos
  
- **Mantenimiento de sistemas**
  - > Tiempo adicional para la corrección de errores
  - > Documentación nula o mínima y de mala calidad



**Figura 8. Diagrama de causas-efecto para el diagnóstico en el problema del desarrollo de software en la DGLPD en el INEE. Fuente: Elaboración propia.**

		CAUSAS					
		Procesos	Diseño	Personal	Proyecto	Administración y Recursos	Tecnología
EFECTOS	Funcionamiento	X	X	X	-	-	X
	Objetivos	-	-	-	X	-	-
	Mantenimiento	X	-	-	-	-	-
	Usuarios	-	-	-	-	-	-
	Gestión	-	-	-	-	X	-

**Tabla 2. Principales relaciones causa-efecto. Fuente: Elaboración propia.**

Entre los efectos más relevantes se encuentra el funcionamiento de los sistemas, causados principalmente por problemas con los procesos, el diseño, el personal y la tecnología empleada (ver tabla 2).

	Procesos	Diseño	Personal	Proyecto	Administración y Recursos	Tecnología
Procesos	-	↗	-	-	-	-
Diseño	↙	-	-	-	-	-
Personal	-	-	-	↙	↙	-

	Procesos	Diseño	Personal	Proyecto	Administración y Recursos	Tecnología
Proyectos	-	-	↵	-	-	-
Administración y Recursos	-	-	↵	-	-	-
Tecnología	-	-	-	-	-	-

**Tabla 3. Principales relaciones entre causas. Fuente: Elaboración propia.**

El problema de falta de personal capacitado es causado principalmente por dificultades con la Gestión de Proyectos y la Administración de Recursos.

	Funcionamiento	Objetivos	Mantenimiento	Usuarios	Gestión
Funcionamiento	-	↵	-	↵	-
Objetivos	↵	-	↵	-	-
Mantenimiento	-	↵	-	-	↵
Usuarios	↵	-	-	-	-
Gestión	-	-	↵	-	-

**Tabla 4. Principales relaciones entre efectos. Fuente: Elaboración propia.**

Podemos observar (ver tabla 4) que los objetivos se ven afectados principalmente por el funcionamiento del sistema y por la dificultad de su mantenimiento.

### Principales causas

- > Inexistencia de un método formal para la planeación, diseño y administración del proyecto: no existen procesos, procedimientos, ni estándares para la especificación, diseño, desarrollo, verificación y mantenimiento de software de calidad.
- > Personal inadecuado para el perfil: no se cuenta con personal que tenga los conocimientos requeridos para adoptar o implementar procesos de desarrollo y estándares para el diseño y la codificación del software.

### Principales efectos

- > Incumplimiento de objetivos: los sistemas no cumplen con sus funciones ni con los objetivos para los que fueron desarrollados, tampoco contribuyen al logro de los objetivos de las áreas involucradas ni de la organización en general.

## 2.2 Identificación del problema

El desarrollo de los proyectos de software no cumple con sus objetivos debido entre otras cosas, a que dichos proyectos no son tratados como sistemas de ingeniería, sino que son abordados como disciplinas con otras características. Actualmente en muchas áreas del sector público (Administraciones Públicas) no han adoptado estándares para administrar proyectos de software ni se han implementado unidades organizacionales equivalentes a oficinas de administración de proyectos, por lo que se requiere implementar una metodología que permita tener estructurado todo el proceso de desarrollo de sistemas de software e información con el objetivo de que se desarrollen proyectos con calidad y que contribuyan a cumplir los objetivos para los que fueron desarrollados.

## 2.3 Otras posibles soluciones al problema planteado

Existen otras posibles soluciones o alternativas al problema planteado que actualmente se utilizan en empresas de todo el mundo. En algunos casos, se describen alternativas que se emplean en el sector público, sin embargo, la mayoría se encuentran dirigidas al sector privado. Algunas de las alternativas o posibles soluciones al problema planteado se describen en la tabla 2.

Otras posibles soluciones	Ventajas	Desventajas	Autor
<b>Modelo CMMI</b>	Cubre la mayoría de los aspectos que un proyecto de ingeniería debe cumplir para desarrollarse adecuadamente.	No establece cuál es la forma de llevar a cabo los procesos. No incluye procesos para la gestión de programas.	CMMI, 2011.
<b>Modelo del Marco Lógico</b>	Permite planear y verificar los resultados del proyecto, se utiliza comúnmente para proyectos en el sector público.	No resuelve directamente los aspectos técnicos ni de ingeniería.	CEPAL, 2005.
<b>Estándar Prince2</b>	Establece procesos y roles que intervienen en toda administración de proyectos. Tiene un énfasis en el desarrollo del caso de negocio.	No cubre la gestión de las adquisiciones ni la gestión del personal. Depende en gran medida del caso de negocio (Business Case) para desarrollarse.	OGC, 2009.
<b>Metodologías Ágiles ajustadas</b>	Permiten mostrar el avance del desarrollo del proyecto a	No cubre aspectos de la gestión del proyecto ni tampoco considera elementos para realizar la	Jeff Sutherland, 1995.

Otras posibles soluciones	Ventajas	Desventajas	Autor
<b>para proyectos de mayor magnitud</b>	determinado cliente o usuario. Se puede utilizar Scrum de Scrums, por ejemplo.	planeación de proyectos grandes, de mediano ni de largo alcance que requieran una presupuestación detallada. Debido a la necesidad de realizar una programación y presupuestación rigurosa, es necesario tener un plan lo más detallado desde el comienzo. El sector público requiere de un proceso de programación y presupuestación lo más detallado posible para la asignación de recursos. Scrum y otros métodos ágiles son útiles cuando no es necesario desembolsar dinero adicional (o es mínimo) para desarrollar el proyecto pues considera que el personal que trabaja en el proyecto ya está considerado en el presupuesto y no se incurrirá en costos adicionales importantes.	Jeff Sutherland & Ken Schwaber, 2012. Beedle, et al, 2001.
<b>Proceso Racional Unificado RUP</b>	Está enfocado exclusivamente a proyectos de desarrollo de software. Incluye actividades de gestión del proyecto.	No considera aspectos de gestión de riesgos y genera costos altos de preparación e implementación debido a su complejidad. No permite ver de forma coordinada varios proyectos.	Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh, 2000. IBM, 2001.
<b>Otras metodologías del paradigma de sistemas: Ejemplo, Metodología de Sistemas Suaves</b>	Proveen un enfoque sistémico, permite diseñar sistemas de información.	No se enfocan en la implementación de nuevos productos y sistemas de ingeniería (producción de un nuevo sistema físico).	Peter Checkland, 1981.
<b>Aplicación directa de técnicas de planeación</b>	Son flexibles y se aplican en cualquier fase de la planeación: diagnóstico, búsqueda	Se requiere crear un proceso especial para cada situación. Por sí mismas no son suficientes para	Diversos autores, Sánchez-



Otras posibles soluciones	Ventajas	Desventajas	Autor
	de soluciones e implementación y control. Aportan transversalmente a determinado proceso de solución de problemas.	crear o desarrollar sistemas de ingeniería de software.	Guerrero, 2016.
<b>Implementar Modelos de Procesos de Software</b>	Se enfocan en la producción de software: especificación, desarrollo, validación y evolución del software.	No cubren los aspectos de gestión del proyecto, ni de la gestión del programa.	Benington, 1983 Royce, 1970. Zurcher & Randell, 1968.

**Tabla 5. Las alternativas de solución al problema planteado.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Es importante mencionar que, en la Administración Pública de México, se utiliza por convención el Modelo del Marco Lógico Común para proyectos en general, sin embargo, no es popular para proyectos de desarrollo de software y ni siquiera es requerido para proyectos de esta naturaleza.

Las metodologías ágiles son una alternativa ampliamente utilizada para desarrollar software de forma rápida, con documentación ligera y planeación moderada y que cada vez genera más adeptos (Senapathi, 2010) y que funciona relativamente bien para ciertos entornos, pero para la Administración Pública puede no ser la mejor opción en temas de planeación y presupuestación normativa la cual exige ser lo más precisa y anticipada posible.

Para el caso del software, uno de los puntos principales de la discusión radica en la conveniencia de utilizar soluciones relacionadas con procesos completos relacionados con las metodologías tradicionales en contraparte de los métodos ágiles (Fernandez & Fernandez, 2009; Wysocki, 2006). Por otra parte, en el tema de las soluciones basadas en metodologías de sistemas recae en la discusión sobre la idoneidad de aplicar el enfoque de sistemas suaves o el de sistemas duros (Jackson, 2003; Checkland & Haynes, 1994).

## 2.4 Justificación y delimitación de la solución propuesta

Para determinar la metodología base como solución propuesta se tomó como referencia la matriz de contexto de los enfoques de sistemas (Jackson, 2003), a partir de la definición del objeto de estudio y sus necesidades soportadas con el pensamiento de sistemas duros.

Los proyectos de software que se realizan en el INEE son unitarios, en el sentido de que se tiene un consenso con respecto a la elaboración del proyecto por parte de los participantes, y además el planteamiento del problema a resolver es simple (Jackson, 2003) debido a que se tiene relativa claridad en cuanto a las necesidades o los problemas por atender. Por otro lado, cabe mencionar que los sistemas por desarrollar no son simples debido a que tienen una gran cantidad de componentes técnicos y tecnológicos que aumentan la dificultad de su integración final.

En este contexto, es conveniente definir el concepto de complejidad en función de su clasificación; tal como la complejidad estructural, dinámica, y social y política (Sheard & Mostashari, 2010), de modo que podemos decir que los sistemas de interés para la Ingeniería de Sistemas son complejos en estructura, pero relativamente sencillos en temas de complejidad social y política. Además, los sistemas pueden situarse en una escala de complejidad estructural y dinámica, que va desde sistemas simples, sistemas complicados, sistemas complejos hasta sistemas caóticos (Hester & Adams, 2017).

En este manuscrito será utilizado el término complejo para determinar el tamaño de un sistema, la cantidad de componentes y sus interrelaciones. En la matriz de Jackson-Keys (Jackson & Keys, 1984; Jackson, 2003), el pensamiento de sistemas duros pertenece a problemas de tipo simple, pero para Hester y Adams (2017) la Ingeniería de Sistemas pone foco en sistemas complejos, por lo debe diferenciarse entre la complejidad del problema y la complejidad del sistema.

		<b><u>Problemas de Participantes</u></b>		
		Unitarios	Pluralistas	Coercitivos
<b><u>Problemas de Sistemas</u></b>	Simple	Hard Systems Thinking	Soft Systems Thinking	Emancipatory Systems Thinking
	Complejos	Systems Dynamics Organizational Cybernetics Complexity Theory		Post-modern Systems Thinking

**Figura 9. Matriz de Jackson-Keys. Fuente: Jackson, 2003.**

Los sistemas de Software son sistemas de ingeniería que pertenecen al enfoque de sistemas duros, puesto que lo que se busca es obtener o generar un producto que cumpla con determinados objetivos planteados por la Dirección Responsable del Proyecto, y también que

cumpla con los objetivos estratégicos, y que además contribuya al cumplimiento de la misión y la visión de la Organización.

<b>Pensamiento de sistemas</b>		
<b>Características</b>	<b>Sistemas Duros</b>	<b>Sistemas Suaves</b>
<b>Definición</b>	Sistemas grandes y complejos hombre-máquina	Sistemas sociotécnicos
<b>Problemas</b>	Estructurados	No estructurados
<b>Nivel de complejidad del problema</b>	Simple-complicados	Complejos
<b>Tipo de complejidad del sistema</b>	Estructural y Dinámica	Dinámica, social y política
<b>Enfoque</b>	Crear nuevos productos o sistemas	Mejorar o reparar un sistema existente
<b>Definición de objetivos</b>	Claramente definidos	Difíciles de definir
<b>Predominio</b>	Condiciones Técnicas	Interacción Social
<b>Motivación</b>	Objetivos y metas	Necesidad de Mejora
<b>Interés</b>	Resultado	Proceso
<b>Propósito</b>	Selección de alternativas eficientes	Proceso de mejora
<b>Resultado</b>	Producto	Aprendizaje
<b>Ejemplos:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas carreteros</li> <li>• Sistemas de instrumentación y de control</li> <li>• Sistemas de telecomunicaciones</li> <li>• Sistemas de información</li> <li>• Sistemas urbanos</li> <li>• Sistemas industriales (planta industrial de manufactura)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas sociotécnicos</li> <li>• Sistemas sociales</li> <li>• Empresas</li> <li>• Unidades organizacionales</li> <li>• Unidades departamentales</li> <li>• Organizaciones</li> <li>• Sistemas humanos</li> </ul>

**Tabla 6. Sistemas duros y sistemas suaves. Fuente: Elaboración propia.**

Considerando que efectivamente el pensamiento de sistemas para este problema en particular es el más adecuado, podemos observar que para sistemas en donde existe un consenso sobre su definición, y que además se consideran complicados en su desarrollo (Hester & Adams, 2017), entendiendo esto como sistemas con muchos elementos, podemos concluir que para atender el presente problema se requiere una metodología de sistemas que trabaje con sistemas duros principalmente (Olsson, 2004; Hitchins, 2014), la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962, 1965, 1989) es la metodología más apegada a esta necesidad.

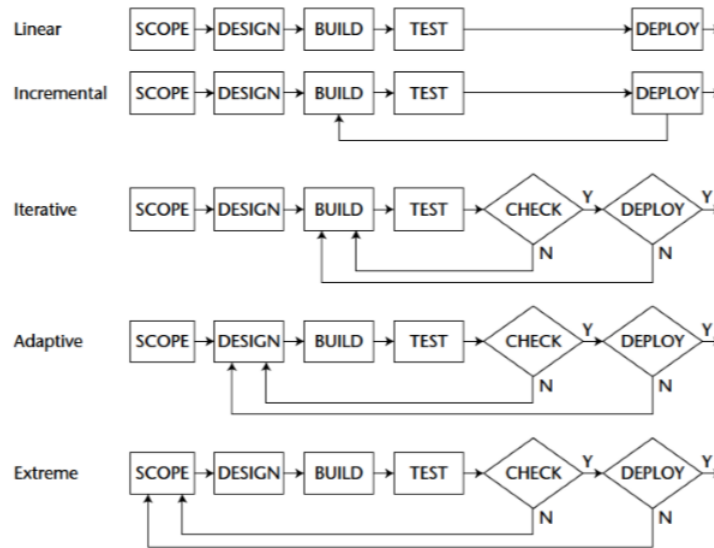
El planteamiento del problema para la Ingeniería de Sistemas consiste en identificar el problema a través de la definición de requisitos y de las funciones que deberá llevar a cabo el sistema (Brill, 1998), así que la Ingeniería de Sistemas requiere traducir las necesidades reales en requisitos funcionales y posteriormente en componentes de un sistema físico o computacional, esto a partir de una necesidad real declarada bajo un consenso, es decir, no hay mayor duda ni conflicto para identificar la necesidad que se requiere cubrir.

		<u>Participantes</u>		
		Unitarios	Pluralistas	Coercitivos
<u>Sistemas</u>	Caóticos	¿?	¿?	¿?
	Complejos	Organizations-as-Systems	¿?	¿?
	Complicados	<b>Systems Engineering (SE)</b>	Soft Systems Methodology and Interactive Planning	System of Systems Engineering (SoSE) Total Systems Intervention (TSI)
	Simplees	Operations Research (OR) and Systems Analysis (SA)	Social Systems Design and SAST	Enmancipatory Systems Thinking

**Figura 10. Clasificación de enfoques de sistemas. Fuente: Hester & Adams, 2017.**

Además, se ha comprobado que la Ingeniería de Sistemas se ha utilizado con éxito en el desarrollo de sistemas de software y/o hardware (Hall, 1989) mediante diversos casos de aplicación en el desarrollo de sistemas de este tipo.

Adicionalmente, si analizamos el alcance del ciclo de vida aplicado al desarrollo de sistemas de ingeniería de software, podremos observar que los denominados métodos ágiles (iterativo, adaptativo y extremo) son útiles y se presentan cuando el alcance o el diseño presentan cambios sustanciales. Sin embargo, para ciclos lineales e incrementales ni el alcance ni el diseño se ven afectados (Wysocki, 2006). En este caso los proyectos que cumplen con esta característica tienen mayor parecido con metodologías de largo alcance como la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962, 1989) debido a que los objetivos son seleccionados de manera cuidadosa y anticipada.



**Figura 11. Ciclo genérico de desarrollo de software. Fuente: Wysocki, 2006.**

## 2.5 Propuesta de solución

La propuesta de solución consiste en utilizar la metodología de Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962, 1989) como pilar fundamental para el desarrollo de proyectos e integrar los estándares de Administración de Proyectos del PMI (2017) y los procesos de la Ingeniería de Software (IEEE, 2008) para obtener un proceso de desarrollo más sólido y riguroso que permita alcanzar los objetivos en la realización de proyectos de ingeniería en el sector público en México.

El principal beneficio de la solución propuesta radica en la cobertura total y de extremo a extremo para el desarrollo de proyectos mediante un método formal para la planeación, diseño y administración de estos, particularmente los relacionados con la ingeniería del software. Con lo que se pretende construir sistemas y desarrollar proyectos que cumplan con las funciones y contribuyan al logro de objetivos.

Beneficios de la solución propuesta:

- Proporciona los elementos para realizar una planeación completa de proyectos de ingeniería de software en el sector público
- Proporciona un enfoque para desarrollar sistemas complejos de software funcionales y con orientación al cumplimiento de objetivos organizacionales
- Permite disminuir las situaciones de incertidumbre en la planeación de proyectos de largo alcance-plazo
- Otorga elementos de planeación para programación y presupuestación detallada, requeridos en el sector público

Otros beneficios de la solución:

- e. Provee un enfoque para planear programas y proyectos.
- f. Permite planear proyectos de ingeniería de largo alcance, de mediano y largo plazo.
- g. Brinda el rigor metodológico y técnico que requiere el desarrollo de sistemas duros.
- h. Contribuye a la tasa de éxito de los proyectos al evaluarlos cuidadosamente y seleccionar la mejor alternativa.
- i. Permite la realización de cualquier proyecto de ingeniería.
- j. Genera un nuevo producto o sistema tangible.
- k. Proporciona las herramientas y técnicas para el desarrollo de los proyectos de ingeniería para sistemas duros.
- l. Permite abordar un proyecto desde la evaluación ex-ante, hasta la evaluación ex-post.

## 2.6 Supuestos

El supuesto principal radica en que la investigación y el desarrollo de este trabajo permitirá mitigar los efectos relacionados con los problemas a lo largo de todo el proceso del desarrollo de software en la Administración Pública mediante la aplicación y seguimiento de un conjunto organizado e interrelacionado de procesos de sistemas, software y administración de proyectos, lo que permitirá realizar de forma organizada y sistemática la programación, presupuestación de programas, proyectos, evaluación de los mismos, así como su ejecución con la finalidad de lograr el cumplimiento de objetivos del sistema y el apoyo a logro de los objetivos organizacionales de manera efectiva.

Los supuestos o hipótesis de carácter general que se han identificado para el presente proyecto son los siguientes:

- La adopción e implementación de estándares y metodologías para el desarrollo de proyectos mejorará la tasa de éxito de los proyectos en su fase de ejecución
- La utilización de la metodología empleada mejorará el cumplimiento de objetivos de los proyectos y permitirá tener una visión sistémica y de largo plazo en el balance de portafolio
- El uso de una metodología como la ingeniería de sistemas, mejorará sustancialmente la planeación, programación y presupuestación de los proyectos de desarrollo de sistemas de software.
- El empleo de esta metodología en cualquiera de sus fases permitirá mitigar los efectos negativos del problema planteado a través de la reducción de las causas problemáticas, las cuales se atienden directamente al emplear un método formal de desarrollo de proyectos.

El desarrollo de sistemas de software en la Administración Pública presenta situaciones problemáticas en el proceso que impiden que los sistemas desarrollados logren el cumplimiento de los objetivos, por ello la aplicación de una metodología bajo un enfoque sistémico orientado al desarrollo de sistemas duros permitirá que se mitiguen los problemas de gestión de proyectos de este tipo que a su vez inciden en la utilidad y funcionalidad de los sistemas de software en detrimento del cumplimiento de los objetivos del sistema en sí, y del suprasistema (la organización, unidad departamental).

## 2.7 Conclusiones

El desarrollo de sistemas de información o de software en la Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD) tiene áreas de oportunidad muy importantes, las cuales se identificaron plenamente y se propusieron alternativas de solución basadas en metodologías de sistemas en función del tipo de problema. La solución propuesta pretende atender todas las manifestaciones del problema relacionado con el desarrollo de software en el INEE desde el punto de vista de los procesos, métodos y estándares utilizados para el desarrollo de sistemas. Actualmente no existe una solución a la medida para el problema planteado, por lo que fue necesario desarrollar una solución propia bajo el enfoque de sistemas, el cual es requerido debido al tipo de complejidad del problema que se aborda.

### 3 Marco teórico y conceptual

El marco teórico se refiere al conjunto de conocimientos teóricos que sirven como pilar fundamental para realizar un trabajo de investigación. En el presente proyecto, se describe el marco teórico del paradigma y enfoque de sistemas, particularmente se incluye y detalla la metodología de Ingeniería de Sistemas, la disciplina de Ingeniería de Software y la Administración de Proyectos con un enfoque organizacional.

#### 3.1 El paradigma de sistemas

El paradigma de sistemas es una forma alternativa de conceptualizar la realidad a partir del modelado de sistemas. Tal como lo define Kuhn (1962), un paradigma es un modelo o patrón que permite abordar los problemas científicos y de investigación y que logra posicionarse debido a que consigue mayor éxito para resolver determinados problemas. Por lo tanto, el paradigma de sistemas es una forma de abordar los problemas estructurando el objeto de estudio como un sistema, lo que permite tener ventajas importantes al momento de intentar comprender un fenómeno (Johansen, 2016) o de resolver problemas en contraste con el paradigma o enfoque reduccionista que no considera las interrelaciones de los elementos que componen el objeto de estudio ni las características emergentes del sistema como un todo. Además, el paradigma de sistemas tiene un amplio campo de acción para abordar problemas de tipo técnico, organizacional, e incluso problemas políticos y sociales (Luhmann, 1984; Carmichael, 2013).

La palabra sistema resulta un concepto de uso común en muchas disciplinas científicas y técnicas que se usa de forma indiscriminada (Carmichael, 2013) incluso en el hablar popular (Bertalanffy, 1968), lo que puede causar confusión en el estudio de las metodologías de sistemas pues el significado dependerá de la disciplina técnica o científica que lo aborde (Chen, 1975), para esto es necesario realizar una descripción detallada y diferenciada de lo que es un sistema con la finalidad de adquirir aquel concepto que permita entender el desarrollo de las metodologías de ingeniería de sistemas asociadas a la resolución de problemas técnicos, organizacionales y de ingeniería, relacionados con la optimización de recursos y construcción de nuevos sistemas.

Para Ludwig Von Bertalanffy (1968) un sistema es un conjunto de elementos con sus interrelaciones, de forma que representa una forma general de definir un sistema, ya que esta conceptualización engloba las definiciones más complejas y elaboradas por cada autor con aportaciones al enfoque de sistemas. Por ejemplo: Takara y Mesarovic (1969) describen a un sistema como un proceso, por su parte, Sengupta y Ackoff (1965) lo definen como un conjunto de actividades que se encuentran relacionadas por un conjunto de decisiones y evaluaciones sobre su comportamiento. De modo particular, Hall (1962) define a un sistema como “un conjunto de objetos y las relaciones entre los objetos y entre sus atributos”, y lo



hace de esta forma porque su enfoque es la aplicación tecnológica de la ingeniería de sistemas. Ashby (1961), lo define como un conjunto de variables observables en una máquina real<sup>7</sup> las cuales transforman el sistema según determinadas reglas, y Ochoa-Rosso (1990) añade que un sistema es un conjunto de elementos que tienen objetivos en común. Es Ackoff en conjunto con Sengupta (1965) quienes más aproximan el término de sistema de forma directa con el concepto de planeación, aunque también Hall (1962) define las fases de su metodología de Ingeniería de Sistemas bajo la terminología de planeación, y Ozbekahn (1968) relaciona a la planeación con la necesidad de ejercer una acción en el sistema.

Una clasificación jerárquica de los sistemas (Boulding, 1956) permite conocer mejor el concepto orientado a un tipo de sistema en particular, por ejemplo; el primer nivel se refiere a estructuras estáticas; el segundo a sistemas dinámicos simples; el tercero a sistemas cibernéticos o de control; el cuarto nivel se refiere a sistemas abiertos; el quinto a se refiere a sistemas genéticos-sociales, el sexto a un sistema de complejidad animal, el séptimo a un sistema como el hombre, el octavo son estructuras sociales, y el noveno sistemas trascendentes. El tipo de sistema definirá la metodología científica o de sistemas que mejor se adapte al tratamiento de dichos sistemas. Por, ejemplo, para construir sistemas complejos de ingeniería, se podría considerar que estos se encuentran en el tercer nivel.

Skeleton Systems			
Nivel	Descripción	Ejemplos	Teoría y modelos y disciplinas
Estructuras estáticas	Estáticos, patrones espaciales	Puente, montaña, etc.	Todas las disciplinas a nivel descriptivo
Relojería	Movimiento predeterminado	Reloj, máquinas	Física
Mecanismos de control (Cibernéticos)	Ciclos de control y realimentación	Termostato, sistemas de control de ingeniería	Cibernética y teoría de la información
Sistemas abiertos	Células y organismos en general	Células	Biología, Física
Organismos inferiores	Organismos vegetales	Plantas	No hay teorías ni modelos
Animales	Organismos que aprenden y transmiten y reciben información	Animales	Teoría de los autómatas
Hombre	Sistemas humanos, el hombre considerado como un sistema	Hombre	Teoría del Simbolismo

<sup>7</sup> Máquina real: máquina adaptativa construida natural o artificialmente (cerebro, sistema mecánico, eléctrico, etc.).

Skeleton Systems			
Nivel	Descripción	Ejemplos	Teoría y modelos y disciplinas
Sistemas socioculturales	Poblaciones de organismos.	Sociedades	Leyes estadísticas. Comportamiento organizacional.
Sistemas simbólicos o trascendentes	Sistemas de carácter absoluto	Lenguaje, lógica, matemáticas, ciencias, artes, etc.	Algoritmos de símbolos

**Figura 12. Jerarquía de los sistemas.**  
**Fuente: Adaptado de Boulding, 1956 y Bertalanffy, 1968.**

De manera semejante, otra clasificación jerárquica para sistemas permite equiparar sistemas naturales con sistemas de ingeniería, lo que permite identificar plenamente a los sistemas de Ingeniería a partir de componentes, subsistemas, plataformas, compañías, organizaciones y naciones (Hitchins, 2014), un proyecto de Ingeniería de Sistemas se encuentra en el nivel cuatro y cinco equivalentes a un sistema orgánico-organismo, así como a un sistema de ingeniería o plataforma de ingeniería. Finalmente es posible identificar a un sistema en función de su naturaleza, es decir, si es un sistema natural o si es creado por el hombre, esto permite situar en el punto de mira en aquellos sistemas productivos que pueden ser intervenidos mediante un método sistémico de resolución de problemas (Ochoa-Rosso, 1990).

<b>LEVELS OF ORGANIZATION V. LAYERS OF SE</b>				
<i>Biology/Anatomy</i>		<i>Man-made Systems</i>		SE Layer
Nation	IX	Nation		5. Socioeconomic/societal SE
Region	VIII	Organization		4. Industry Systems Engineering
Community	VII	Company		3. Business Systems Engineering
Population	VI	Group		
Organism	V	Platform		2. Project Systems Engineering
Organ System	IV	System		
Organ	III	Subsystem		1. Product/Subsystem Engineering
Tissue	II	Composite		
Cell	I	Component		

\* Population - all the organisms that belong to the same species, in the same geographical area  
\*\* Community - a group of interacting living organisms sharing a populated environment

Numbers refer to 5-layer SE Model: see Hitchins D.K. (2003) *Advanced Systems Thinking and Management*, Artech House, MA

**Figura 13. Niveles de organización y capas de SE. Fuente: Hitchins, 2014.**

### 3.1.1 Introducción al enfoque de sistemas

El enfoque de sistemas comprende un conjunto de prácticas, teorías y concepciones del mundo orientadas a la investigación científica, resolución de problemas organizacionales, técnicos y de ingeniería, etc. (Fuentes-Zenón, 1990), estos problemas se analizan a partir de la identificación de las partes que conforman el objeto de estudio, sus relaciones causa-efecto, así como las principales funciones que debe realizar el objeto de estudio ahora conceptualizado como un sistema.

La administración se ha encargado de resolver los problemas de la empresa desde distintos paradigmas, por ejemplo; la administración científica (Taylor, 1911) que buscaba aplicar los conocimientos de la ciencia para mejorar la producción industrial; la administración con un enfoque cuantitativo que incorporaba la medición y los datos en la toma de decisiones mediante algunas técnicas matemáticas de optimización (Dantzing, 1951); la administración humano-relacional que consideraba aspectos humanos como la motivación para mejorar la productividad laboral; El enfoque de contingencias para problemas bien conocidos con relaciones causales predecibles (Luthans, 1976); o bien el enfoque de administración sistémica (Bertalanffy, 1968; Ackoff, 1970, 1981) que considera a la administración y a las organizaciones como un sistema por lo que toman importancia tanto los componentes, funciones y relaciones entre dichos componentes para explicar el funcionamiento del sistema como un todo. Este último enfoque es el que adquiere particular interés en el presente trabajo, pues los principios y herramientas que provee a la resolución de problemas en la empresa se basan en las metodologías de Ingeniería de Sistemas y en el concepto de Planeación.

En lo que concierne a la resolución de problemas de ingeniería, el enfoque de sistemas permite optimizar sistemas productivos, industriales y organizacionales a través de la Investigación de Operaciones (Churchman, Ackoff & Arnoff, 1957) y la Dinámica Industrial (Forrester, 1961), pero también desarrollar grandes y complejos sistemas de ingeniería mediante la Dinámica de Sistemas (Forrester, 2009) y la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962, 1989; Blanchard & Fabricky 1981). Esta última disciplina técnica es la que resulta de especial interés para resolver problemas de ingeniería en el campo de la Ingeniería de Software.

### 3.1.2 Pensamiento sistémico

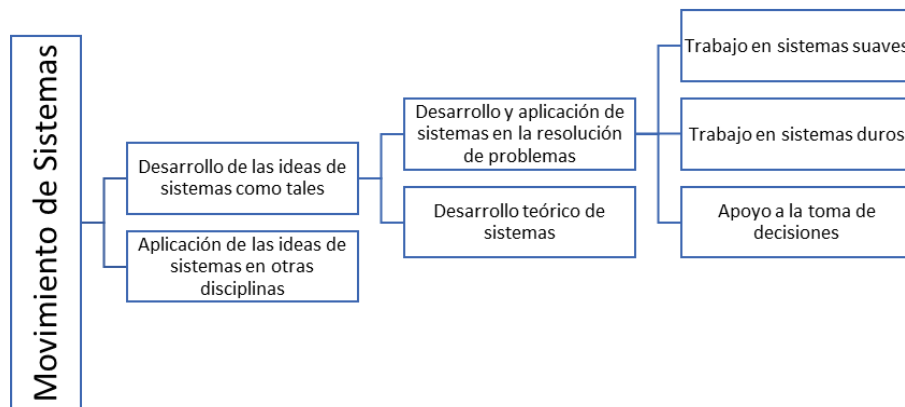
El pensamiento de sistemas puede clasificarse en dos principales corrientes: (Checkland & Haynes, 1994):

- I. Aplicación de las ideas de sistemas en otras disciplinas
- II. El desarrollo de las ideas de sistemas como tales
  - a. Desarrollo teórico de sistemas
  - b. Desarrollo y aplicación de sistemas en la resolución de problemas

El concepto de sistema se utiliza y aplica en muy diferentes áreas de la ciencia y la tecnología, por ejemplo, en procesos biológicos metabólicos (Bertalanffy, 1968) para describir dinámicas poblacionales (Lotka, 1925), en sistemas sociales o sociotécnicos (Checkland, 1981), en la implementación de plantas químicas (Jenkins, 1969), en psicología con aplicaciones a la teoría de la Gestalt (Wertheimer & Riezler, 1984), en el desarrollo de sistemas tecnológicos (Hall, 1962, 1989; Blanchard & Fabricky, 1981; Sage 1992), particularmente en sistemas o subsistemas mecánicos, eléctricos, de software y computacionales, conocidos bajo el nombre de Tecnología de Sistemas (Bertalanffy, 1972), en sistemas productivos (Ackoff, 1970; Ochoa-Rosso, 1990), entre otros campos de aplicación. Cada disciplina o ciencia utiliza el concepto de sistema con acepciones diferentes pero basadas en el mismo principio, el de captar a un objeto tangible o intangible sujeto de estudio mediante una visión holística, que no podría interpretarse con la simple observación de cada una de sus partes de forma separada.

Para la ingeniería, es de principal importancia el desarrollo de sistemas y su aplicación en la resolución de problemas. En esta área se pueden distinguir a su vez tres áreas de trabajo:

- I. Apoyo a la toma de decisiones
- II. Trabajo en sistemas duros
- III. Trabajo en sistemas suaves



**Figura 14. Estructura General del Movimiento Sistémico.**

**Fuente: Adaptado de Checkland & Haynes, 1994.**

Es el trabajo en sistemas duros, lo que resulta de particular interés en el presente trabajo, en donde se pueden identificar las siguientes disciplinas:

- 1) Investigación de Operaciones
- 2) Análisis de Sistemas
- 3) Ingeniería de Sistemas

La Ingeniería de Sistemas es una metodología de sistemas orientada a la concepción, el planteamiento, la evaluación y la construcción científica de grandes y complejos sistemas hombre-máquina (Hall, 1962; Bertalanffy, 1968), por lo que resulta ideal para desarrollar nuevos sistemas de ingeniería como mecánicos, eléctricos, de telecomunicaciones, de software, etc. (Cloutier, Baldwin, & Bone, 2015), aunque también es útil para desarrollar sistemas en otras áreas de conocimiento (Hall, 1969, 1989; Carmichael, 2013) como leyes, economía, sociales, etc., y para aplicaciones de innovación empresarial (Deng, Lei, Lai, & Chin, 2014).

La Ingeniería de Sistemas es una exposición metodológica para el diseño y creación de grandes y complejos sistemas hombre-máquina (Hall, 1962) y uno de los aspectos más peculiares de la Ingeniería de Sistemas es que ha tenido múltiples contribuciones y diferencias entre los autores, que, aunque su orientación es el desarrollo de nuevos grandes y complejos sistemas. Debido a su amplia utilidad, diferentes autores o Instituciones han tomado la filosofía que da pie a esta metodología y la han adaptado a sus entornos o áreas de desarrollo profesional (Sage, 1992; Hall, 1989; Blanchard & Fabricky, 1981). Esto difiere del caso de la metodología de Sistemas Suaves, que en su mayoría ha sido desarrollada por un solo autor (Checkland, 1979, 1981) con el apoyo de otros autores que añaden valor directamente con sus aportaciones en conjunto con el autor principal (Checkland & Scholes, 1990; Smyth & Checkland, 1976; Checkland, Forbes & Martin, 1990; Checkland & Poulter, 2006).

Una contribución pionera en este campo fue la conceptualización, y definición de la Ingeniería de Sistemas en diversos aspectos (Hall, 1962) y como campo de estudio por parte de los Laboratorio Bell (Goode & Machols, 1957; Flood, 1960), aunque con anterioridad el concepto ya se había acuñado la Ingeniería de Sistemas en sus inicios tenía un concepto difuso pues se consideraba únicamente como con un conjunto de técnicas aplicadas (Goode, 1960). Posteriormente, la Ingeniería de Sistemas fue considerada como una metodología ya definida como un conjunto de procedimientos y herramientas que permiten resolver problemas (Sage, 1977a).

Podemos decir que el primer acercamiento es la propuesta del modelo de desarrollo de la Ingeniería de Sistemas, basada en fases y una serie de pasos en cada fase (Hall, 1962). Más adelante, otras contribuciones tuvieron lugar con la introducción del concepto del ciclo de vida en la Ingeniería de Sistemas (Blanchard & Fabricky, 1981; Forsberg & Mooz, 1991). Algunas contribuciones consisten en profundizar los trabajos de Hall, sobre todo en los pasos para la resolución de problemas (Hill & Warfield, 1972; Hill, 1970). Las propuestas de fases y pasos cambian entre cada autor, por ejemplo, un modelo de cuatro fases es aplicado en el campo de la implementación de plantas químicas (Jenkins, 1969), y un modelo de tres pasos es aplicado al desarrollo de sistemas de software (Sage & Armstrong, 2000) en lugar de los

siete pasos que propone Hall (1989), por lo que esto depende también el campo de desarrollo o de interés. Recientemente, para la industria de los sistemas de energía hidráulica se ha aplicado con éxito la metodología de Hall (Changming, Fenhua, Jian & Xuekun, 2010) con una fase de investigación, planeación, diseño, construcción y operación; del mismo modo, ha sido aplicada para la industria eólica (Fenhua, Yongqian, Changming, & Weizhao, 2009).

Por último, las Instituciones gubernamentales, principalmente en Estados Unidos, han adaptado su propio cuerpo de conocimientos en lo referente a la Ingeniería de Sistemas, por ejemplo, el INCOSE (Institute National), el EIA, la NASA y el IEEE, tienen sus propios estándares para Ingeniería de Sistemas con fases equivalentes, pero con herramientas y enfoques orientados hacia su particular área de desarrollo de proyectos de ingeniería. Uno de los autores que ha tratado de integrar las herramientas, procesos, fases y métodos de la Ingeniería de Sistemas es Andrew P. Sage (1992) que reconoce la aportación de Hall (1962), pero que además integra las herramientas y conceptos proporcionados por Blanchard (1981, 2016), Fabricky (1997) y otros.

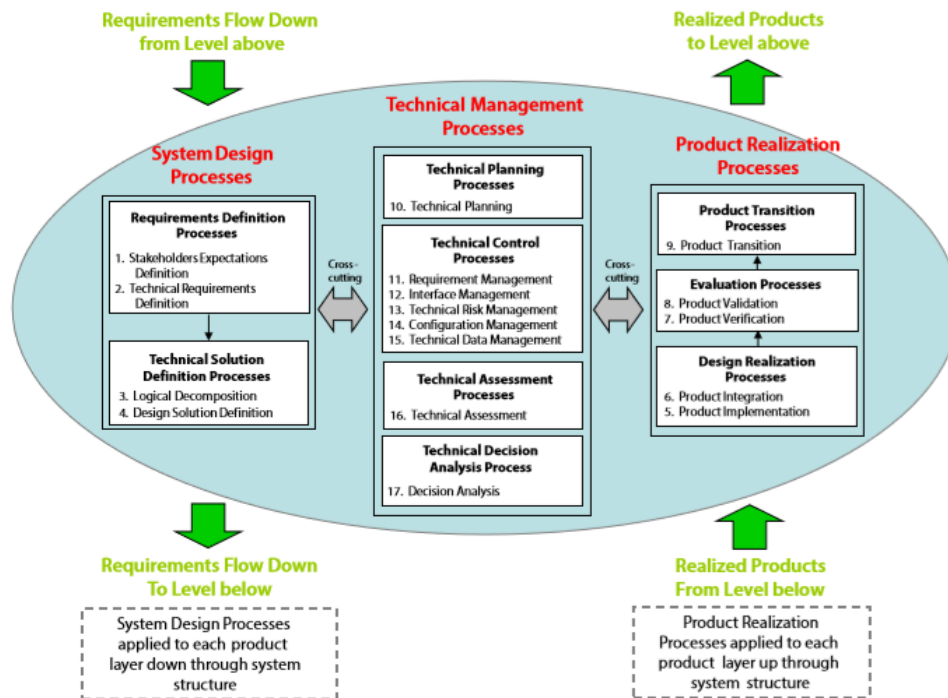
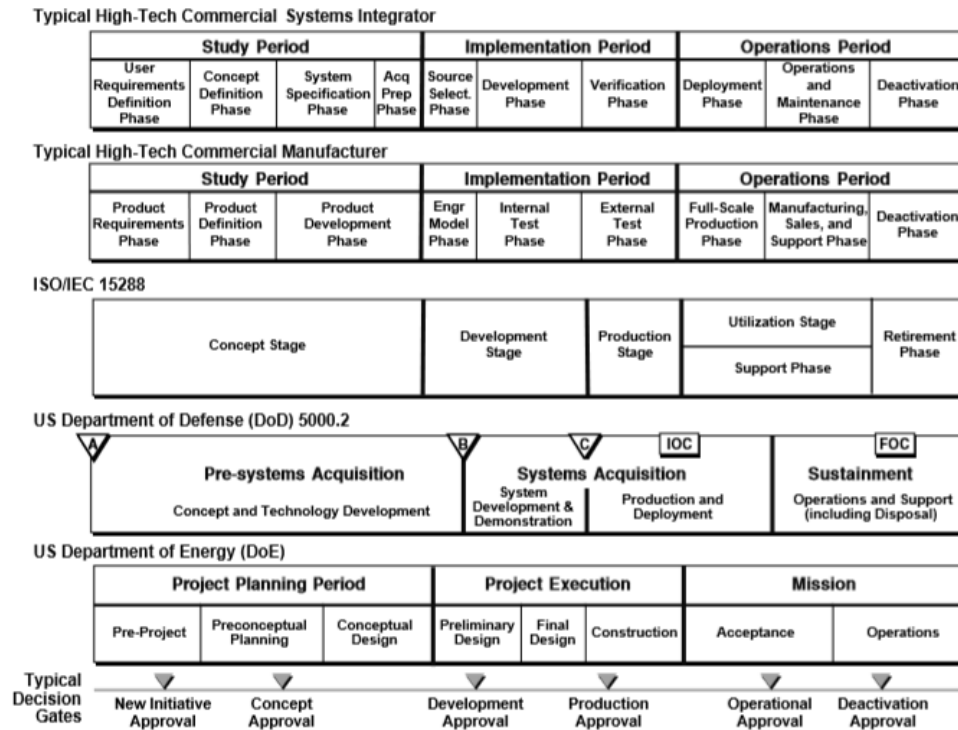


Figura 15. Procesos de Ingeniería de Sistemas. Fuente: NASA, 2007.

En lo referente al desarrollo de software, podemos mencionar que el estándar CMMI<sup>8</sup>-DEV desarrollado por el SEI<sup>9</sup>, retoma los elementos y procesos de la Ingeniería de Sistemas del estándar INCOSE para integrarlos con los procesos de administración de proyectos y con los aspectos específicos del software (CMMI, 2011). INCOSE (2006) a su vez toma como referencia los trabajos de Arthur David Hall III (1962, 1989) y de Benjamin Samuel Blanchard en conjunto con Wolter Fabricky (1981) principalmente, pero también incluye el marco general del estándar ISO/IEC 15288 para integrar un cuerpo de conocimientos más robusto y completo de la Ingeniería de Sistemas con aplicación industrial.



**Figura 16. Comparación del ciclo de vida de la Ingeniería de Sistemas.**  
Fuente: INCOSE, 2006.

Para situaciones en donde resulta necesario desarrollar e integrar múltiples sistemas complejos, la disciplina técnica y de gestión denominada Ingeniería de Sistemas de Sistemas (SoSE) puede resultar una alternativa viable pues guarda relación con la Ingeniería de Sistemas convencional, pero con el enfoque en múltiples sistemas complejos (Gorod & Sauser, 2008).

<sup>8</sup> Capability Maturity Model integration - Development

<sup>9</sup> Software Engineering Institute de la Universidad Carnegie Mellon

MAJOR DRIVERS OF SE AND SoSE

	SE	SoSE
<b>Focus</b>	Single Complex System	Multiple Integrated Complex Systems
<b>Objective</b>	Optimization	Satisficing, Sustainment
<b>Boundaries</b>	Static	Dynamic
<b>Problem</b>	Defined	Emergent
<b>Structure</b>	Hierarchical	Network
<b>Goals</b>	Unitary	Pluralistic
<b>Approach</b>	Process	Methodology
<b>Timeframe</b>	System Life Cycle	Continuous
<b>Centricity</b>	Platform	Network
<b>Tools</b>	Many	Few
<b>Management Framework</b>	Established	?

**Figura 17. Principales elementos conductores de SE y SoSE.  
Fuente: Gorod & Sauser, 2008.**

### 3.1.3 Metodología de Ingeniería de Sistemas de A. D. Hall III

La Ingeniería de Sistemas es una exposición metodológica para el diseño y creación de grandes y complejos sistemas hombre-máquina (Hall, 1962) que surgió en los laboratorios Bell (Flood, 1960) con el desarrollo de grandes y extensos sistemas de telecomunicaciones en los Estados Unidos.

La ingeniería de Sistemas también puede ser vista como un proceso que inicia con la detección de problema, pasando por el proceso de planeación, diseño, construcción, implementación y retiro de un sistema (Hall, 1989).

Existen múltiples metodologías, marcos de trabajo y estándares internacionales bajo la denominación de Ingeniería de Sistemas (Blanchard & Fabricky, 1981; NASA, 2007; INCOSE, 2006; Sage, 1992; Jenkins, 1969), sin embargo, para el presente trabajo, se tomó como referencia la metodología de Ingeniería de Sistemas de Arthur David Hall (1962, 1989).

Una particularidad de esta metodología es que adquirió una importante realimentación no solo por parte de la academia, sino también por parte de la industria, en este caso de las telecomunicaciones, que es donde realmente se encuentran las situaciones que busca atender la ingeniería de sistemas (Hall, 1989).



Algunos conceptos de la ingeniería de sistemas incluyen la definición de integrantes, demandas, suprasistemas, etc. A continuación, realizaremos la definición de algunos conceptos básicos de esta metodología:

a) Integrantes:

Se refiere a aquellos elementos que no son parte del sistema, pero que pueden influir de manera positiva o negativa en el sistema y viceversa.

b) Demandas:

Se refiere a las necesidades que dan lugar a la creación de un nuevo sistema, pueden surgir demandas de diferentes actores del sistema. Estas demandas están directamente relacionadas con los objetivos del sistema y del suprasistema (metasistema) (Hall, 1989).

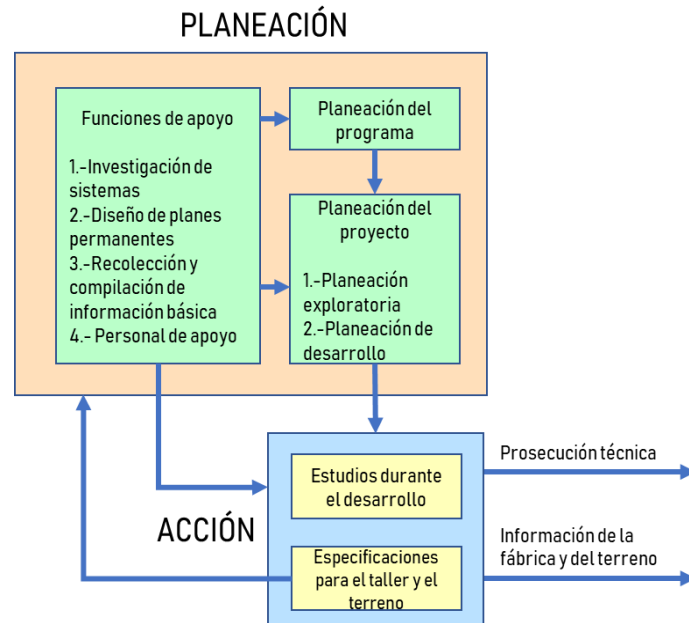
c) Sistema:

Conjunto de objetos y las relaciones entre los objetos y entre sus atributos

d) Suprasistema:

Sistema de orden superior al que pertenece el sistema bajo estudio, también es llamado metasistema

Hall describe una metodología de cuatro fases en su primer trabajo (Hall, 1962) mediante una estructura de operación basada en la Planeación-Acción, tal como se muestra en la figura 18, mientras que en sus aportes posteriores describe siete fases y nueve pasos genéricos que se pueden aplicar a cada una de las fases (Hall, 1989). Esta nueva construcción mantiene armonía con el primer desarrollo, sin embargo, presenta un mayor detalle en las fases con lo que es posible incluir proyectos de ingeniería de cualquier área.



**Figura 18. Estructura Operacional de la Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1962.**

Fases de la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962)

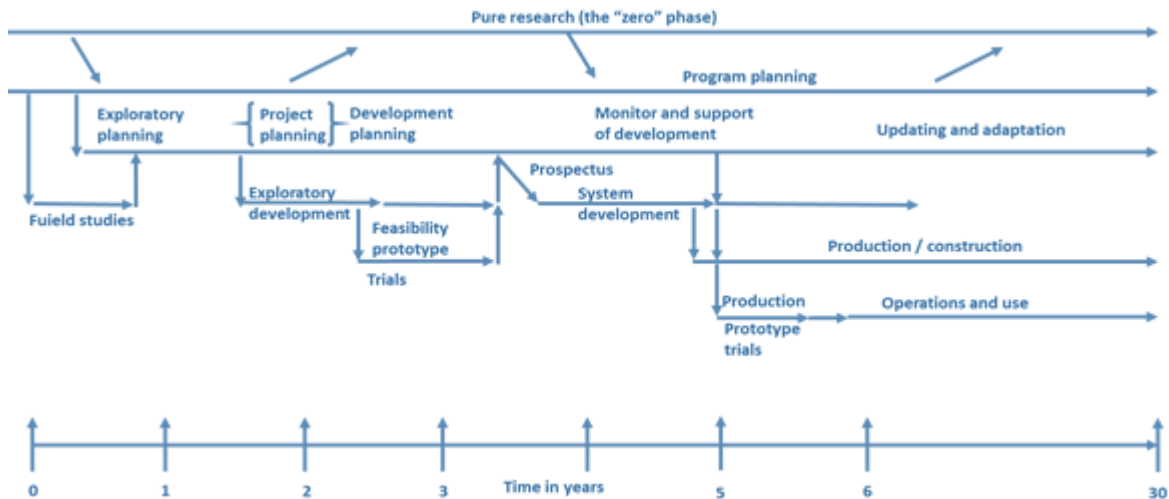
- Estudios de Sistemas (Systems studies)
- Planeación Exploratoria (Exploratory planning)
- Planeación de Desarrollo (Development planning)
- Estudios Durante el Desarrollo (System development)
- Prosecución Técnica (Updating and adaptation)



**Figura 19. Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1962.**

Fases de la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1989)

- Planeación del Programa (Program planning -Systems studies)
- Planeación del Proyecto (Project planning - and preliminary design)
  - Planeación Exploratoria (Exploratory planning)
  - Planeación para el Desarrollo (Development planning)
- Desarrollo del Sistema (System development - implement project plan)
  - Desarrollo Exploratorio (Exploratory development)
    - Diseño (Design)
    - Pruebas (Testing)
    - Factibilidad (Feasibility)
    - Prototipo (Prototype or model - software or hardware)
- Producción, construcción y/o instalación (Production, construction and/or installation)
- Distribución (Distribution - and phase in)
- Operaciones (Operations - or consumption)
- Retiro (Retirement - and phase out)



**Figura 20. Ingeniería de Sistemas. Fuente: Hall, 1989.**

En este proyecto se tomó como referencia la metodología de Hall desarrollada en 1989 que incluye un desarrollo de nueve pasos genéricos que se pueden realizar en cada una de las fases, de manera semejante a los grupos de procesos que propone la metodología del PMI para la Administración de Proyectos.

### 3.2 Tecnologías de la Información

Las Tecnologías de la Información<sup>10</sup> son un conjunto de aplicaciones que tienen elementos de cómputo, almacenamiento y redes, entre otros dispositivos con múltiples aplicaciones. Las TIC son un habilitador de negocios muy importante y que cobra cada vez más relevancia en todas las organizaciones. Las TI incluyen entre otras cosas, el manejo, configuración y desarrollo de software o de sistemas de información.

Un proyecto de Tecnologías de la información puede tener diversas acepciones (Hassani, Bouzekri, & Abouabdellah, 2017), de manera que, para algunos, un proyecto de esta naturaleza se relaciona directamente con los sistemas de gestión de información. Por lo tanto, el concepto de sistema de información puede parecer un sinónimo de un sistema de software, esto no necesariamente es así, debido a que por un lado un sistema de información puede no ser digital, es decir, únicamente manejar información de forma mecánica mediante el uso de papeles, llamadas telefónicas u otros mecanismos de este tipo tal como se realizaba en las empresas la gestión de la información aún antes de que aparecieran las computadoras, tal es el caso del empleo de la técnica de la Cruz Maltesa para el diseño de sistemas de información considerando únicamente categorías de información y su relación con los procesos y las actividades involucradas (Wilson, 1980) sin especificar el uso de software o tecnología

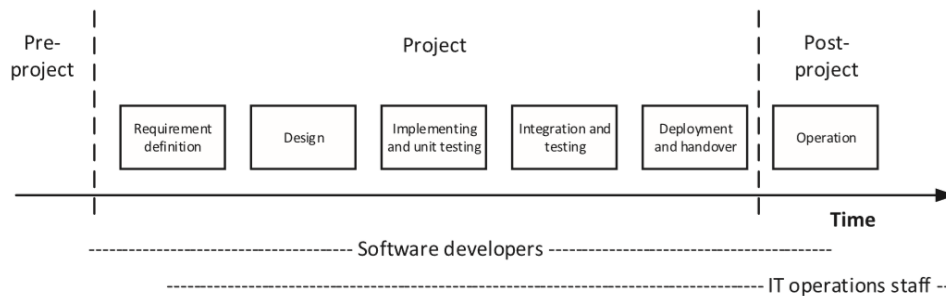
<sup>10</sup> También conocidas como Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

digital. En contrasentido, un sistema de software puede tener dificultades para considerarse un sistema de información en su completa descripción, pues, por ejemplo, puede tratarse de un sistema de software en tiempo real que no requiere mayor complejidad en la identificación y manejo de categorías de información, pero que indudablemente es digital.

### 3.3 Administración de proyectos

Un Proyecto es un esfuerzo temporal que conduce a la obtención de un servicio, producto o resultado único (PMI, 2017). Los proyectos pueden tener distinta naturaleza, por esto es necesario realizar una distinción entre proyectos de ingeniería y proyectos de otra naturaleza. En este trabajo, los proyectos de interés son los relacionados con la ingeniería exclusivamente.

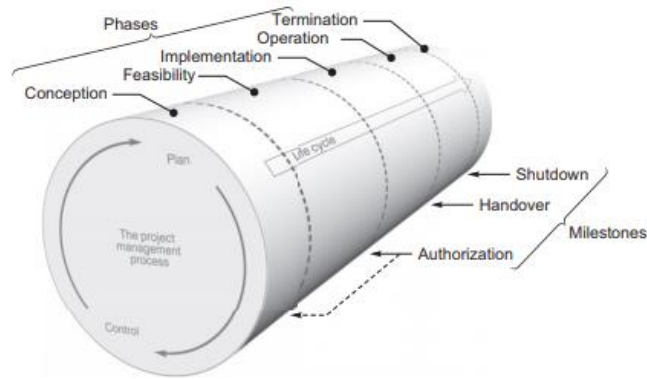
*J. Iden, B. Bygstad / International Journal of Project Management 36 (2018) 485–497*



**Figura 21. El Proyecto de Desarrollo de Software. Fuente: Iden & Bygstad, 2017.**

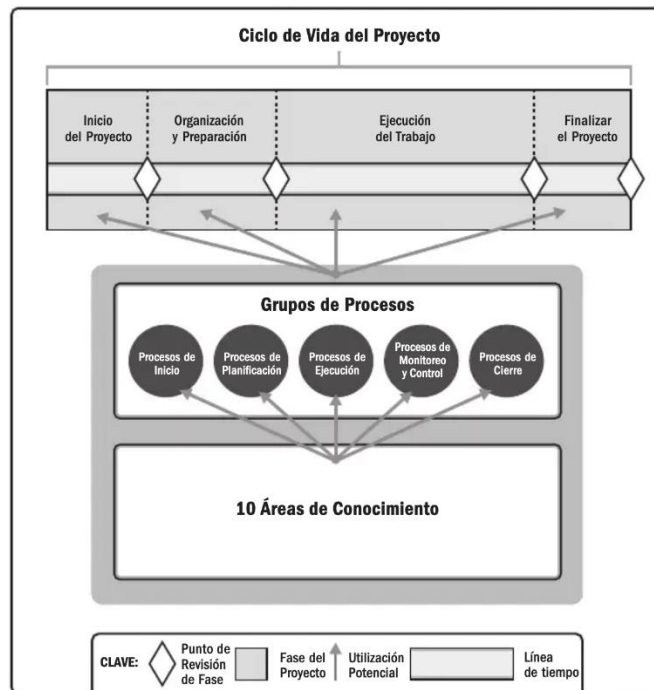
Para lograr el éxito en los proyectos se requiere de una disciplina especial denominada Administración de Proyectos. La Administración de Proyectos es una disciplina que incluye los procesos, herramientas y técnicas necesarias para llevar una buena dirección de los proyectos cuidando particularmente los siguientes aspectos:

- Alcance (requisitos)
- Tiempo (cronograma)
- Costo (presupuesto)
- Calidad



**Figura 22. Ciclo de vida de la Administración de Proyectos.**  
**Fuente: Iden & Bygstand, 2017.**

La administración de proyectos surge después de la segunda guerra mundial (Johnson, 1997), antes de estos eventos no existía documentación al respecto, lo más cercano a esta disciplina se encontraba en las metodologías de sistemas para construir un sistema físico.



**Figura 23. Ciclo de vida del proyecto y grupos de procesos.** Fuente: PMI, 2017

Para que los proyectos se encuentren alineados con los objetivos organizacionales, es indispensable que se seleccionen y gestionen estratégicamente para que brinden los

beneficios esperados. Para que esto suceda, la Administración Organizacional de Proyectos considera los siguiente aspectos o elementos:

- Dirección de Programas
- Dirección de Portafolios
- Modelo de Madurez del Procesos de Administración de Proyectos
- Oficina de Administración de Proyectos (PMO)

En el caso de los proyectos que implican el desarrollo de sistemas de ingeniería es posible observar que el sistema tiene objetivos por sí mismo, pero además contribuye al logro de objetivos del sistema de orden superior o metasistema (Hall, 1989, 1998).

Es importante mencionar que una metodología de proyectos incluye fases interconectadas y procesos, por lo que constituyen a su vez, un sistema (Carmichael, 2013), de manera que los procesos pueden ser incluidos en otras metodologías para constituir un sistema con orientación particular a determinados proyectos.

### 3.3.1 Metodologías y estándares para la Administración de Proyectos

Existen distintos estándares, metodologías y marcos de referencia de carácter internacional para la Administración de Proyectos. Múltiples compañías han desarrollado sus propias metodologías para gestionar proyectos como Hewlett-Packard, ALSTON, Holcim, General, Motors, Ericsson, entre otros (Kerzner, 2014). Por su parte, los estándares tienen un carácter más global y normalmente se encuentran soportados por una entidad especializada en temas relacionados. Entre los estándares más conocidos y utilizados se encuentran los siguientes:

- PMBoK del PMI
- Prince2
- IPMA
- ZOPP
- Norma ISO 21500
- ISO IEC IEEE 16326: 2009

### 3.3.2 Oficina de Administración de Proyectos (PMO)

Oficina de administración de proyectos es una unidad organizacional que apoya, facilita y controla el desarrollo de los proyectos a través de distintos niveles de influencia y actuación (Hill, 2014). La unidad organizacional conocida como Oficina de Proyectos es un factor muy importante para el éxito de los proyectos en las organizaciones (Santos & Varajão, 2015).

Según Kerzner (2014), existen dos tipos de Oficinas de Proyectos:

1. Oficina de Proyectos Estratégica (SPO)
2. Oficinas de Administración de Proyectos (PMO)
  - a) Oficina de Proyectos Funcional
  - b) Oficina de Proyectos Enfocada al Cliente
  - c) Oficina de Proyectos Corporativa

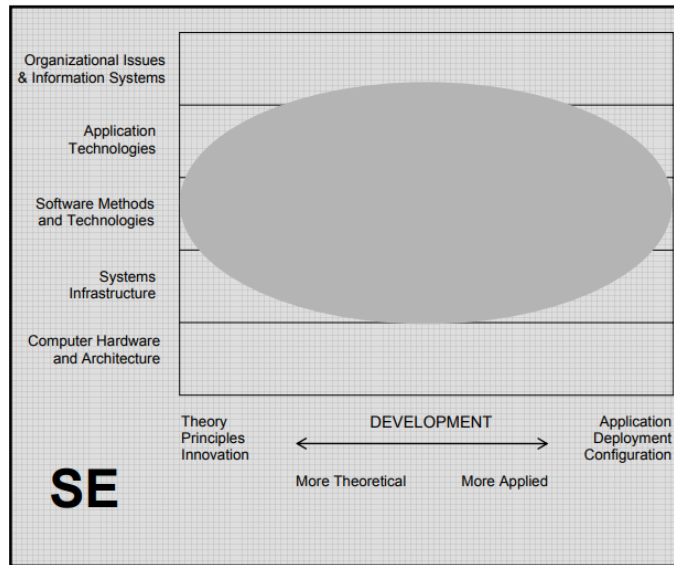
### 3.4 Ingeniería de Software

La Ingeniería de Software es la disciplina técnica encargada de todo el proceso de desarrollo de software, desde el análisis y especificación de requerimientos de usuario y del sistema hasta la implementación, distribución y gestión del servicio en las operaciones a los usuarios finales.

El término ingeniería de software fue utilizado por primera vez para referirse a un conjunto de prácticas que se encontraban relacionadas con la programación de computadoras conocida en ese periodo también como programación estructurada basada en lenguajes de programación como BASIC, PASCAL, COBOL y C (Naur & Randell, 1969), actualmente existen muchos más enfoques o paradigmas y lenguajes de programación (Sammet, 1991) que permiten realizar sistemas o componentes de software de diferente naturaleza y para propósitos particulares.

El principal objetivo de la Ingeniería de Software es proveer un enfoque metodológico y disciplinario para el desarrollo de software de calidad (Sommerville, 2011). Por lo tanto, esta disciplina incluye procesos, herramientas y técnicas que permiten planear, diseñar, organizar, implementar y dar soporte a los sistemas de automatización mediante software.





**Figura 24. Campo de acción de la Ingeniería de Software.**

**Fuente: ACM & IEEE, 2005.**

El campo de acción de la Ingeniería de Software incluye todo el espectro teórico – práctico de Métodos de desarrollo de Software y las tecnologías asociadas a dicho proceso, pero también incluye una parte de la infraestructura de sistemas y la aplicación de tecnologías (ACM & IEEE, 2005) (ver figura 21)

El avance del software se realizó en dos sentidos: a) el desarrollo de nuevos lenguajes de programación y herramientas para su desarrollo (Sammet, 1991, 1996; Payette, 2014; Allen, 2018), y; b) la creación de métodos, metodologías, modelos procedimientos y procesos para el desarrollo de software (Bourque & Fairley 2014; Erdogmus, 2008). Este segundo aspecto es que relaciona directamente a la Ingeniería de Software y con la Ingeniería de Sistemas.

### 3.4.1 Proyectos de Ingeniería de software

Los Proyectos de Ingeniería de Software son un caso particular de proyectos de ingeniería que tienen como característica común la obtención de un producto intangible. Estos proyectos se relacionan con los proyectos de Tecnologías de Información, sin embargo, existe una diferenciación importante, puesto que el software puede ser un componente de un proyecto de TI, pero también puede representar únicamente un proyecto de software por sí mismo y en su totalidad.

A pesar de los esfuerzos por desarrollar metodologías de desarrollo de software y modelos de procesos de software, así como metodologías o estándares para la gestión de proyectos, todavía existe un porcentaje importante de proyectos de Tecnologías de Información que fracasan (Hashemi & Sadat, 2017). Algunas de las razones por las que los proyectos de TI actualmente fracasan, se encuentran los relacionados con la mala definición de los objetivos,

comunicación deficiente (Guillard, 2004), cambios en el alcance, mala gestión de riesgos, fechas de entrega imposibles (Hassani, Bouzekri, & Abouabdellah, 2017), deficiente gestión de los interesados, falta de claridad en los requerimientos y falta de apego a los procesos o estándares para la gestión (Alami, 2016). El software es uno de los aspectos que mayores fallas presenta en este tipo de proyectos, debido entre otras cosas a que no es un componente físico, y las fallas pueden permanecer ocultas hasta que el usuario intente utilizar una funcionalidad que no está correctamente codificada.

Existen algunos estándares, metodologías y marcos de trabajo relacionados ingeniería de software que permiten tener un contexto más completo en lo referente a los procesos que soportan el desarrollo de tecnología y de sistemas de ingeniería:

- COBIT: Gobierno de TI (ISACA, 2012)
- TOGAF: Arquitectura Empresarial (Open Group, 2014)
- SWEBoK: Guía para la Ingeniería de software
- ISO 12207: Ciclo de vida de proyectos de software
- UML Unified Modeling Language: lenguaje de modelado de sistemas de software basado en el paradigma de Programación Orientada a Objetos (P.O.O)<sup>11</sup>

La implementación de estos estándares permite potenciar el cumplimiento de objetivos organizacionales con respecto a las áreas de Tecnologías de Información y proyectos de su competencia.

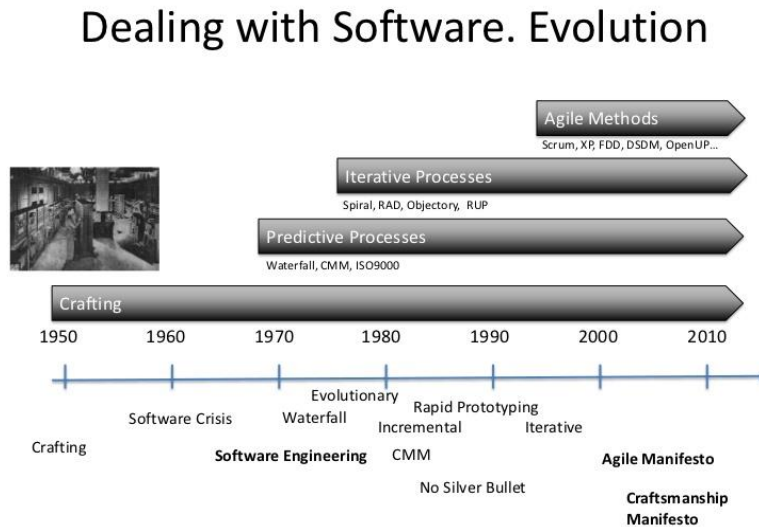
### 3.4.2 Modelos de procesos y ciclo de vida de software

Un proceso de software es un conjunto de actividades relacionadas que conducen al desarrollo de software (Sommerville, 2011). Un modelo de procesos es una representación simplificada de un proceso de software en donde no se indican roles ni actividades específicas. Los procesos de software o modelos de procesos de software sirven para desarrollar software a través de un proceso o un conjunto de fases o actividades con cierta particularidad. Existen modelos de procesos de software genéricos comúnmente aceptados y utilizados para el desarrollo de software profesional. Estos procesos han cambiado lentamente conforme ha pasado el tiempo y mantienen elementos en común debido a la influencia mutua que comparten (Kneuper, 2017), incluso algunos de los modelos de procesos posteriores pueden ser considerados modificaciones o versiones del modelo principal de desarrollo en cascada (Stober & Hansmann, 2010), sin embargo, las diferencias son perceptibles desde el punto de vista del enfoque o paradigma que predomine, por ejemplo, el modelo en cascada surgió para dar formalidad a proyectos grandes y complejos,

---

<sup>11</sup> Programación Orientada a Objetos, es un paradigma de programación en donde todo se conceptúa con base en la realidad a partir de la creación de objetos basados en entidades reales

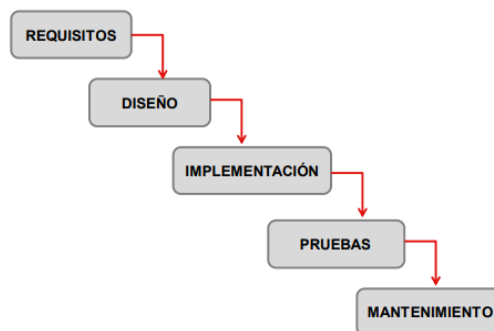
mientras que el modelo iterativo e incremental surgió principalmente para entregar valor al cliente de forma rápida.



**Figura 25. Evolución del software. Fuente: González-Blanco, 2008.**

- Modelo en cascada o predictivo

El modelo en cascada es considerado el primer modelo de desarrollo de software (Benington, 1983) propuesto como resultado de la crisis del software (Naur & Randell, 1969). El objetivo principal era establecer un marco metodológico formal para el desarrollo de software de forma ordenada a través de diversas fases específicas para construcción de sistemas grandes (Royce, 1970). Actualmente, para los profesionales de TI es considerado como el modelo que cubre mayormente factores o elementos de gestión de forma natural (Taba & Khatavakhotan, 2017).



**Figura 26. Modelo del ciclo de vida en cascada. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelo en espiral o evolutivo

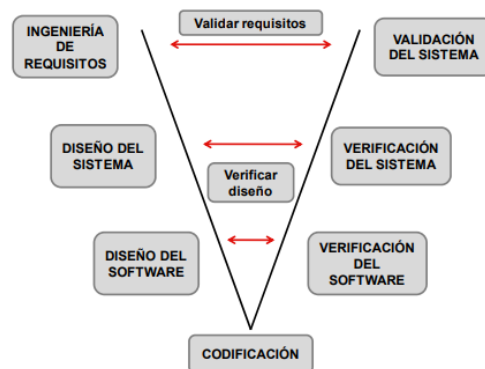
El modelo en espiral es un modelo para desarrollo de software que permite tener certeza en el desarrollo de cada nueva fase evaluando el riesgo existente (Boehm, 1988), en estructura es semejante al modelo de fractal propuesto por Artur David Hall para la Ingeniería de Sistemas (1989, 1998). Este modelo es utilizado cuando se requiere que cada fase sea evaluada a profundidad en términos de riesgos.



**Figura 27. Modelo del ciclo de vida en espiral. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelo en V

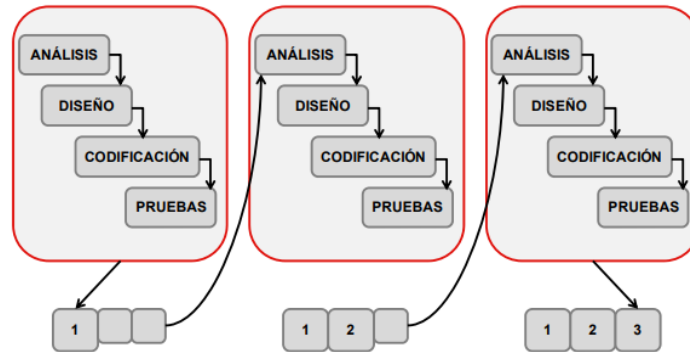
El modelo en V es un modelo de proceso tradicional en cascada con fases de verificación en cada etapa. El modelo en V ha sido utilizado con éxito en sistemas mecatrónicos (Malmquist, Frede & Wikander, 2014) y desarrollado para sistemas aeroespaciales (NASA, 2007). Es uno de los modelos más utilizados para hacer Ingeniería de Sistemas en la NASA, INCOSE (Scheithauer & Forsberg, 2013) e IEEE. Se basa en la verificación y validación explícita en cada etapa, pues es considerado como el proceso básico para desarrollar un sistema de ingeniería (Cloutier et. al, 2015), sin embargo, no es muy popular entre los profesionales de la ingeniería de software, quienes prefieren utilizar otros modelos de procesos.



**Figura 28. Modelo del ciclo de vida en V. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelos incrementales

Los métodos ágiles de desarrollo son modelos de procesos de software incrementales. En un modelo incremental, incluso se sugiere que el alcance sea definido desde el inicio, aunque las entregas sean de forma incremental, con la posibilidad de algún pequeño cambio en el diseño original. Existe la posibilidad de que el alcance no sea definido completamente desde el inicio, sin embargo, es necesario contar con los requerimientos mínimos para comenzar a trabajar en el desarrollo (Trivedi & Sharma, 2013).



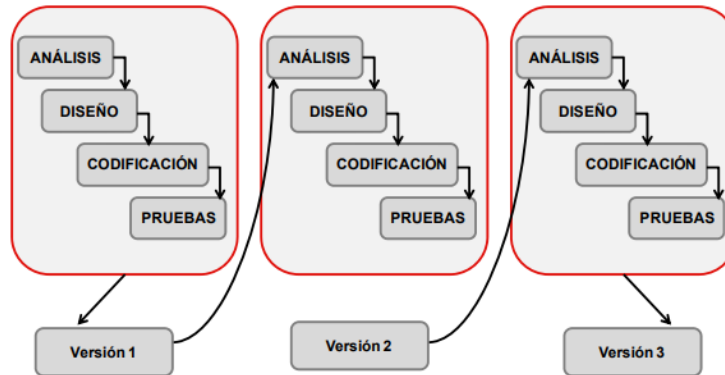
**Figura 29. Modelo del ciclo de vida Incremental. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelos iterativos

Los modelos iterativos constan de fases equivalente a los modelos predictivos (cascada), pero con la particularidad de considerar al desarrollo del software como evolutivo (Zurcher & Randell, 1968) es decir se pueden solicitar nuevos requerimientos y realizar cambios en cada iteración. Los modelos iterativos aplican en el caso de software en donde no se conocen a detalle las características ni los requerimientos, pero se tiene una idea general de lo que se quiere. Este tipo de modelo funciona bien cuando se trata de proyectos de investigación, innovación o de desarrollo de High Tech<sup>12</sup> (Samonova & Pavlov 2018).

---

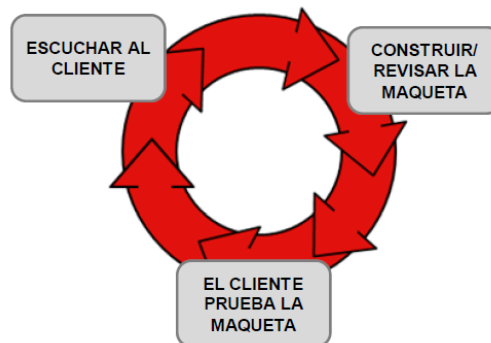
<sup>12</sup> High Tech se refiere a proyectos de alta innovación tecnológica o desarrollo de tecnología nueva o disruptiva



**Figura 30. Modelo del ciclo de vida Iterativo. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelos basados en Prototipos

El modelo basado en prototipos es una extensión de un modelo incremental e iterativo en donde se genera un prototipo del sistema en cada fase del ciclo de vida del sistema. El primer prototipo se genera en una fase temprana inmediatamente después de tener la primera versión de los requisitos del usuario y del sistema (Sommerville, 2011). El desarrollo de prototipos también es considerado como una parte sustancial de la Ingeniería de Sistemas, posterior al diseño detallado, pero previo a la producción del sistema (Hall, 1989).

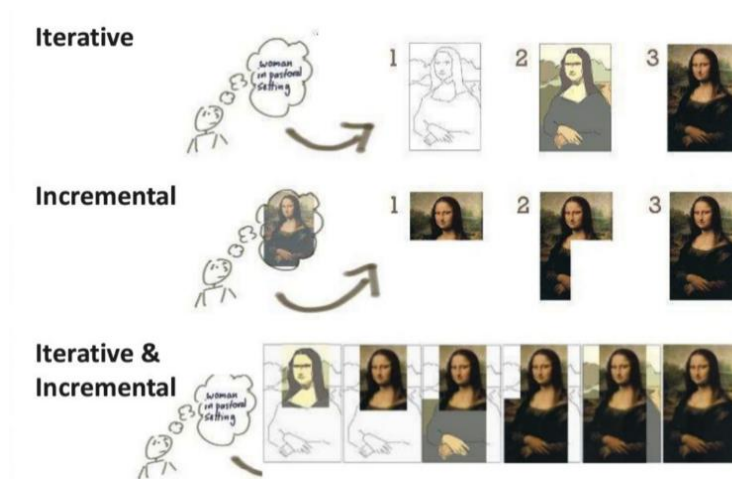


**Figura 31. Modelo del ciclo de vida Iterativo. Fuente: INTECO, 2009.**

- Modelos iterativos e incrementales

Con el ciclo de vida incremental es posible definir el alcance del proyecto en su amplitud desde un principio, un ejemplo de este tipo de ciclo de vida es RUP. El ciclo de vida iterativo no necesariamente se conoce el nivel de detalle que tendrá el sistema, pero sí se realiza un bosquejo con las características principales. Los modelos de procesos y ciclos de vida son importantes puesto que para la construcción de los sistemas de software puede

emplearse cualquiera de estos como una parte del marco completo de la Ingeniería de Sistemas.

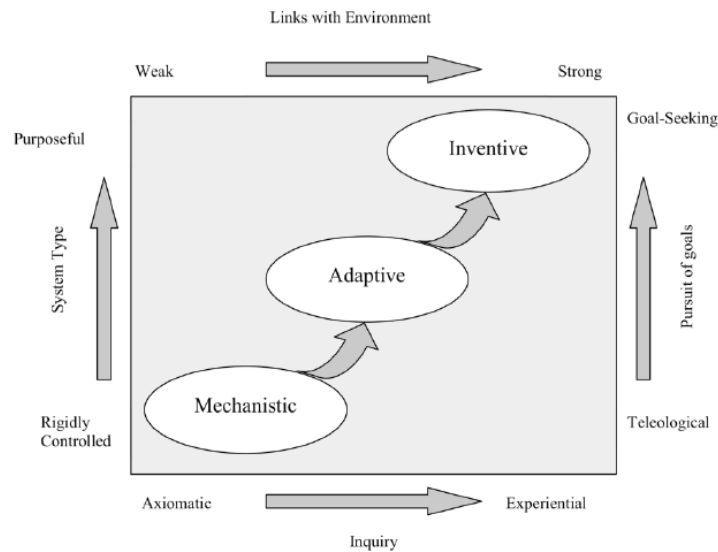


**Figura 32. Modelo del ciclo de vida Iterativo e Incremental. Fuente: Thomas, 2012.**

### 3.4.3 Agilidad en proyectos de software

Algunas ideas básicas sobre la autoorganización de sistemas orientados al diseño y la planeación (Jantsch, 1980) así como conceptos sobre calidad (Crosby 1979; Deming, 1986), reingeniería (Hammer, 1990) y mejora de procesos (Krafcik, 1988; Smith, 1993) representan antecedentes importantes para el desarrollo de las primeras ideas sobre agilidad en el campo de la ingeniería de software, las cuales se originaron con la programación extrema y adquirieron popularidad a partir del año 2001 con la publicación del manifiesto ágil (Meyer, 2014).

La agilidad se define como la soltura o la habilidad para moverse. En el ámbito organizacional y de proyectos, la agilidad se refiere a la capacidad de trabajar en entornos complejos (Stacey, 2011; Schwaber, 2007) especialmente sobre un esquema de objetivos y procedimientos con un alto nivel de incertidumbre (Pearson & Brockhoff, 1994), y se relaciona con la necesidad de innovar o construir sistemas adaptativos (Nerur, Cannon, Balijepally & Bond, 2010). Las metodologías ágiles están dirigidas a problemas que involucran cambios y un ambiente de incertidumbre, por lo tanto, son adaptativas en lugar de predictivas (Mishra & Mishra, 2011), es así como en el campo de la Ingeniería de Software, la agilidad está relacionada con los modelos de procesos de desarrollo iterativos, incrementales y basados en prototipos cuya finalidad es generar entregables en periodos cortos (Houston & Rosemergy, 2016), aceptar cambios y adecuar o refinar los requerimientos para reducir la incertidumbre conforme avanza el proyecto.



**Figura 33. Dinámica de los cambios en los sistemas.**  
**Fuente: Nerur, Cannon, Balijepally & Bond, 2010.**

En ocasiones se emplea el término ágil como sinónimo de velocidad, lo que supone la ejecución de proyectos en menor tiempo, y aunque esto no necesariamente se cumple, con frecuencia la percepción de generación de valor anticipado es superior pues dependiendo del tipo de ciclo de desarrollo empleado, los usuarios pueden comenzar a utilizar algunas funcionalidades de los sistemas mientras continúa el desarrollo del resto de los componentes.

La agilidad es un elemento medular de las metodologías ágiles para definir y ajustar requisitos, sin embargo, este enfoque también está presente como parte fundamental de los proyectos con marcos de referencia basados en estándares donde es imprescindible contar con mecanismos para responder al cambio, en el caso de estándares de proyectos la necesidad de responder al cambio puede relacionarse con la formación de equipos de alto desempeño cuya confianza mejora el éxito y la consecución de objetivos (Schmidt, 2016), pero también se asocia con la atención de cambios en el alcance, el cronograma o el presupuesto.

### 3.5 Conclusiones

El enfoque de sistemas permite conceptualizar la realidad como un sistema, por lo que es posible delimitar un objeto de estudio mediante representaciones conceptuales, lo que brinda la principal ventaja de ver al objeto de estudio de forma integral. Además, este enfoque ha permitido el desarrollo de múltiples métodos y metodologías para la resolución de problemas y planeación en general.

La Ingeniería de Sistemas es una metodología que permite obtener o desarrollar sistemas físicos o de ingeniería como un producto ya sea tangible o intangible, pero con elementos de

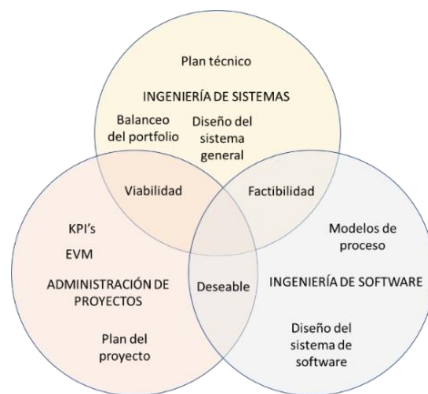


sistemas duros, esta metodología provee una perspectiva técnica con un enfoque global sobre los proyectos que va desde la evaluación ex-ante, pasando por la planeación técnica y hasta llegar a la realización de una evaluación ex-post de forma continua.

La Ingeniería de Sistemas, se relaciona estrechamente con la Ingeniería de Software que se encarga de aspectos más específicos del software, por lo que esta última robustece a la anterior. De igual manera, es necesario contar con una perspectiva de gestión que permita dar seguimiento global al proyecto con la posibilidad de mantener a la gerencia informada sobre el avance del proyecto, por esto se integra también la disciplina conocida como Administración de Proyectos.

Cabe mencionar que la Ingeniería de Sistemas proporciona elementos y procesos importantes para realizar una gestión de programas y proyectos, de forma que resulta un marco de trabajo muy completo que permite convivir e integrar elementos de otras disciplinas técnicas y de gestión.

Esta integración permite desarrollar sistemas con rigor técnico y administrativo a partir de planeación total de los proyectos de Ingeniería de Software considerando su viabilidad y factibilidad técnica.



**Figura 34. Integración conceptual de disciplinas para la planeación total de proyectos.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

## 4 Administración de Proyectos de Software en la Administración Pública

El presente capítulo aborda una propuesta metodológica para el desarrollo exitoso de proyectos de software, basada en el modelo de Ingeniería de Sistemas de Arthur David Hall III (1962, 1989, 1998).

Primero se incluye el desarrollo exploratorio de la Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos con un enfoque de integración a partir de un apartado introductorio.

Enseguida se describen las consideraciones y los aspectos más relevantes que pueden influir en el trabajo de integración de los elementos de las distintas disciplinas involucradas.

Posteriormente, se toman como referencia las fases de la metodología de Hall (1962, 1989) para integrar los elementos necesarios de la Ingeniería de Software y la Administración de Proyectos con la finalidad de generar un cuerpo de conocimientos basado en procesos orientado al desarrollo de Proyectos de Software en la Administración Pública.

Este cuerpo de conocimientos o marco de trabajo contiene los principales procesos ubicados en la matriz de Hall (1989, 1998) y expuestos en un mapa de procesos, así como las herramientas y técnicas, y los roles principales para llevar adecuadamente un proyecto de ingeniería de software.

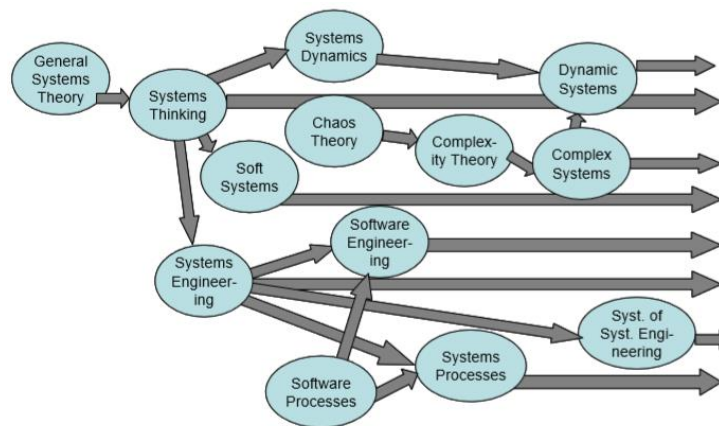
Finalmente se describen los procesos de dicho cuerpo de conocimientos divididos en cinco fases específicas y las subfases correspondientes con los elementos de identificación para cada proceso. Los procesos se describen mediante una ficha técnica del proceso y un diagrama de proceso de negocio BPMN (OMG, 2011).

### 4.1 Introducción a la Administración de Proyectos de Software

Desde el surgimiento de la Ingeniería de Sistemas, se ha contemplado la figura de personal de coordinación y gestión del proyecto (Hall, 1962), y en otros casos ya se ha estimado el potencial que tendría el desarrollo de la parte de gestión para un proyecto realizado mediante la Ingeniería de Sistemas (Johnson, 1997), sin embargo, la Ingeniería de Sistemas tuvo un camino divergente en algunos momentos, pues el aspecto técnico fue lo más valorado para algunas Instituciones que adoptaron la Ingeniería de Sistemas y adaptaron tanto las fases como los pasos de la resolución de problemas con un enfoque específico. Por otro lado, el crecimiento de la gestión de los proyectos se trasladó al área de proyectos de infraestructura civil, y más tarde se aplicaba no solo para proyectos de Ingeniería, sino para atender cualquier proyecto, por definición (PMI, 2017), aunque no tuviera mayor relación con la Ingeniería.

Una de las contribuciones a la Ingeniería de Sistemas fue el desarrollo del concepto de ciclo de vida (Blanchard & Fabricky, 1981) y la introducción del análisis de costos (Blanchard & Fabricky, 1981; Fabricky, 1997; Hall, 1975), que más adelante convergería con la Ingeniería de Sistemas del IEEE para contribuir a la formación de la Ingeniería de Software.

La inercia en el desarrollo de cada área de conocimiento evitó que estas disciplinas convergieran en un nuevo punto. La historia de las disciplinas de sistemas desde el punto de vista de la Ingeniería de Sistemas tuvo una ramificación importante que dio lugar a múltiples disciplinas a partir de la Teoría General de Sistemas (Sheard & Mostashari, 2010) (ver figura 34). Algunos intentos se hicieron por integrar la Ingeniería de Sistemas, pero solo en el plano de la Ingeniería del Software (Sage, 1981), sin embargo, la integración de la Ingeniería de Sistemas, la Administración de Proyectos y la Ingeniería de Software no es más que una descripción detallada de los avances que se esperaban obtener con la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962; Sage, 1977b, 1981). Recientemente se ha estudiado la relación y posible integración entre la Ingeniería de Sistemas y la Gestión de Programas (Dasher, 2003; Rebutisch & Prusak, 2017) en donde se involucran los principales estándares del PMI (PgMP) y del INCOSE e incluso los trabajos de Benjamín Blanchard (Blanchard & Fabricky, 1981; Blanchard & Blyer 2016;), de forma semejante se han realizado estudios para integrar estándares internacionales de Ingeniería de Sistemas (NASA, DoD<sup>13</sup>, INCOSE) de manera directa con la Gestión de los proyectos de dicho ramo (Eisner, 2002).



**Figura 35. Historia de los campos de la Ingeniería de Sistemas.**  
**Fuente: Sheard & Mostashari; 2010.**

Una de las principales responsabilidades de la Ingeniería de Sistemas es la planeación técnica y el control (Kelly, 1950), y en general la resolución de todos los aspectos técnicos del sistema por desarrollar o construir (Kamrani & Azimi, 2011). El ingeniero de sistemas toma

<sup>13</sup> Departamento de Defensa en Estados Unidos (Department of Defense)

decisiones y resuelve problemas a partir de determinada información, la naturaleza de las decisiones es meramente técnica o relacionada directamente con el sistema que se pretende construir (Lacy, 1992), por otro lado, la planeación administrativa corresponde a la Administración de Proyectos (PMI, 2017), en este caso el Ingeniero de Sistemas resulta ser el principal apoyo para el Administrador del Proyecto (Parnell, Driscoll & Henderson, 2008). El potencial que se obtiene de la sinergia entre la Ingeniería de Sistemas y la Administración de Proyectos (Kossiakof, 2003) es notorio puesto que complementan una herramienta poderosa para garantizar que tanto el aspecto técnico como el organizacional se cubran de extremo a extremo.

Para que un proyecto tenga éxito, es necesario considerar tres aspectos principales, 1) las habilidades del Administrador del Proyecto, 2) La influencia de la organización y, 3) Las metodologías, técnicas y estándares de administración de proyectos (Radujković & Sjekavica, 2017).

Los proyectos en el sector público resultan más complejos de realizar que los proyectos en otros sectores (Gasik, 2016), esto se debe principalmente a que tienen mayores restricciones y temas relacionados con conflictos de intereses y variedad de stakeholders con objetivos y metas distintas entre sí (Wirik, 2009), es por esto por lo que cobran especial importancia en este trabajo. Uno de los principales factores críticos de éxito que fueron identificados para la ejecución de los proyectos fue la definición clara de objetivos (Pinto & Slevin, 1987), lo cual está estrechamente relacionado con el trabajo que se realiza en los primeros pasos de la Ingeniería de Sistemas (en lo referente al diseño de sistema de valía).

Como parte de la extensión típica para el éxito de los proyectos (alcance-tiempo-costo-calidad) se han identificado otros factores adicionales que resultan clave para éxito del proyecto más allá de su entrega: a) percepción de los stakeholders, b) factor humano, c) enfoque financiero para relacionar el éxito del proyecto con un retorno de la inversión, d) consideraciones avanzadas que incluyen conocimiento sobre el tipo y la complejidad del proyecto, la industria, y un perfil adecuado para seleccionar al Administrador del Proyecto etc., (Zoltan, 2017).

El modelo bidimensional de la morfología de la Ingeniería de Sistemas sugiere un marco de trabajo en donde se relacionan las fases de la metodología y los pasos para la resolución de problemas en cada fase (Hall, 1969; 1998), cabe mencionar que la morfología es distinta para cada proyecto, por ejemplo, en el caso de proyectos de software no existe propiamente una fase de producción, pues el software puede comenzar a utilizarse una vez que se ha desarrollado (Hall, 1989), en casos específicos, será necesario considerar una fase de distribución, pero no de producción propiamente.

En algunos casos, la síntesis, el análisis y la optimización se combinan bajo el nombre de “Diseño” (Hall, 1969). De manera previa al Diseño de los sistemas, puede ser conveniente realizar una reingeniería de procesos para asegurar que los sistemas automatizarán procesos que ya son eficientes (Arce, 2002).

El desarrollo comienza cuando se aprueba el plan prospecto, se le da prioridad y asignan recursos. Antes de hacer al plan detallado, el plan técnico también llamado plan prospecto o Charter (desarrollado en la fase de Planeación del programa), es entregado al PM y su equipo, quienes tienen que familiarizarse con este (Hall, 1989).

Según Hall (1989) un sistema exitoso es aquel que logra sus objetivos (alcance, tiempo, presupuesto) y además satisface a los usuarios. La administración de proyectos no cubre la satisfacción de usuarios finales, pero sí la satisfacción del patrocinador del proyecto, en contraparte, la ingeniería de sistema sí considera a los usuarios finales y su éxito se basa en el cumplimiento de objetivos y en la satisfacción de dichos usuarios a través de la prosecución técnica de los sistemas construidos para garantizar que éstos cumplen con una función y que contribuyen ampliamente al logro de objetivos del sistema de orden superior.

Un aspecto por considerar es que los proyectos de software no suelen evaluarse en la mayoría de las empresas como un proyecto de inversión, ni tampoco como proyectos sociales en la Administración Pública, lo que genera sobrecostos, vencimiento de plazos en la entrega de los proyectos, o en situaciones más críticas, la inutilidad del proyecto en su fase de operación.

En la Administración Pública se realiza una evaluación que consiste en un estudio de factibilidad técnica y económica, sobre todo en los proyectos que implican grandes adquisiciones de equipo, maquinaria y materiales, por lo que los proyectos de software no caben en esta categoría; es un director a cargo del área de desarrollo quien propone instruye o autoriza la realización de los proyectos de desarrollo de software, en el mejor de los casos, puesto que en varias ocasiones la decisión es tomada por un directivo de orden superior que tiene poco conocimiento o poca relación con este tipo de proyectos y desconoce la capacidad que estos tienen de potenciar las funciones de cualquier administración.

El desarrollo de sistemas es visto como una función continua de mantenimiento y soporte de sistemas de software, por lo tanto, no existe un énfasis en el desarrollo de nuevos proyectos como tal, o bien, en las decisiones de prosecución técnica de los mismos.

Para desarrollar un sistema es necesario elaborar un plan técnico y un plan administrativo. Un plan es un curso de acción proyectado (Hall, 1962) que permite visualizar el futuro y anticiparse a este (Churchman, 1968; Ackoff 1970) a través de acciones ejercidas en un sistema dinámico (sociotécnico en este caso) para que de esta manera sea posible generar un cambio deseado de forma organizada hacia el progreso (Ozbekhan, 1968). El propósito

principal de realizar un plan es establecer los objetivos y las acciones para alcanzar dichos objetivos a través del desarrollo de programas y proyectos (Hall, 1989). Un plan también es un sistema pues incluye un conjunto de procedimientos y planes subsidiarios, diseño y síntesis de los sistemas a construir, etc. Uno de los problemas en el sector público, es que no se destina suficiente tiempo a la planeación de proyectos (Wirik, 2009), además la planeación entendida como un proceso idealmente debe realizarse continuamente y de forma participativa (Ackoff, 1970) lo que no sucede en dicho sector. En este sentido es importante para este sector puesto que el mismo ciclo de planeación y presupuestación que exige la SHCP (UNAM & SHCP, 2018) induce a una planeación detallada y de forma continua debido a la evaluación repetida durante el ejercicio presupuestal.

Los proyectos de Sistemas de Información incluyen proyectos de implementación de paquetes, de infraestructura, recuperación de desastres, y desarrollo de software, entre otros. Estos proyectos difieren ampliamente en su proceso de gestión, por lo que es preciso contar con Administrador de Proyectos con habilidades particulares (Cadle & Yeate, 2008). Esta dispersión puede generar dificultades para integrar los procesos técnicos y de gestión adecuados, especialmente los relacionados con el desarrollo de software.

Uno de los mayores problemas para el desarrollo de sistemas de ingeniería de software es traducir las necesidades del mundo real en un sistema computacional funcional y adecuado (Mahoney, 2004) es aquí en donde la Ingeniería de Sistemas proporciona elementos para trabajar de manera metódica y así evitar al máximo dichas discrepancias. En esta fase de traducción de necesidades del sistema de orden superior es posible apoyarse en otras metodologías de sistemas como la Metodología de Sistemas Suaves con la intención de definir las funcionalidades intrínsecas del sistema a través de un modelo conceptual (Checkland, 1981) y hacer frente a los problemas de sistemas duros que se presentan en el caso de que no exista claridad en los objetivos del sistema (Cropley & Cook, 1999) para estructurar un problema que no sea de tipo estructurado.

Estimar costos de desarrollo de software implica un gran reto, comparado con otros proyectos de ingeniería, a pesar de que la estimación de software puede modelarse (Valerdi, 2006) mediante distribución más o menos definida, este tipo de proyectos tiene una desviación importante al momento de contrastar el trabajo realizado contra las estimaciones, por lo que se han desarrollado múltiples métodos de estimación con el objeto de mitigar esta desventaja (Boehm, 1981; Bilgaiyan, Mishra & Das, 2016). Un factor importante es que el software depende en su mayoría de la habilidad del programador, pero también de otros aspectos (Fiadeiro, 2006). Además, existen programadores con diferentes niveles de habilidad en las distintas herramientas tecnológicas como lenguajes de programación, entornos de desarrollo, frameworks, librerías, etc. a pesar de contar con el mismo tiempo de experiencia en el uso de dichas herramientas. Incluso, dos programadores con el mismo perfil en el mercado de

Recursos Humanos normalmente pueden tener importantes diferencias en la calidad y el tiempo de ejecución de su trabajo.

## 4.2 Consideraciones para el desarrollo de Proyectos en la Administración Pública

El proceso de planeación involucra típicamente tres fases o subsistemas genéricos (Ackoff, 1970) que tienen correspondencia con las etapas o fases de la Metodología de Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962):

- 1. Diagnóstico (Plan del programa)
- 2. Selección e implementación de la solución (Plan del Proyecto, Desarrollo)
- 3. Evaluación y control de los resultados (Prosecución Técnica)

Como podemos observar, las disciplinas en cuestión cubren el proceso transversal de Planeación (Fuentes & Sánchez, 1990).

Los procesos de Administración de Proyectos tienen una correspondencia con el proceso de planeación, principalmente en la fase 2 en lo respectivo a la implementación de la solución, o como se denomina en la Ingeniería de Sistemas, Planeación del Proyecto y Desarrollo del Sistema.

Los elementos de evaluación ex ante para la selección de programas y proyectos son considerados dentro de la fase uno del proceso de Planeación.

Especialmente, la metodología de Ingeniería de Sistemas involucra todo el proceso de planeación orientado a la construcción de sistemas complejos de ingeniería (hombre-máquina), es decir, el trabajo se centra básicamente en el diseño e implementación de sistemas duros, por ejemplo:

Como menciona (Hall,1962) “La ingeniería de sistemas está directamente interesada en desarrollar sistemas complejos hombres-máquina, por ejemplo:

- Sistemas de telecomunicaciones
- Sistemas o redes de transporte
- Sistemas carreteros o de infraestructura
- Sistemas de información/software
- Sistemas computacionales
- Automóviles
- Máquinas industriales
- Sistemas de manufactura
- Aeronaves

- Obras civiles
- Red de tuberías de aguas
- Sistemas de transporte

Existen ejemplos de aplicación real de la Ingeniería de Sistemas, entre los ejemplos más notorios se encuentran: el sistema TD-2 para la transmisión de microondas para telecomunicaciones en Estados Unidos (Hall, 1962); el sistema de gestión de tránsito aéreo AEGIS en Europa (ISDEFE, 1995), y otros proyectos desarrollados por la NASA (NASA, 2007) como la misión Apolo que demuestra la complejidad de los sistemas duros (Brill, 1998).

La ingeniería de sistemas está dirigida al desarrollo a nuevos sistemas de ingeniería para mejorar las operaciones existentes y se desenvuelve dentro de organizaciones de investigación y desarrollo (Hall, 1962). Sin embargo, en este momento, las Administraciones Públicas necesitan también desarrollar nuevos sistemas para mejorar sus operaciones, es por ello por lo que la Ingeniería de Sistemas no solo se puede utilizar en la iniciativa privada, sino también en la Administración Pública con algunas adecuaciones que permitan su mejor ejecución.

La ingeniería de sistemas tiene un amplio espectro de acción más allá de la simple acción técnica, pues funciona como el puente para comprender los problemas y necesidades reales de la sociedad a través de la adecuada gestión de los requisitos, el diseño, y el equilibrio entre los sistemas como producto y las personas (Weck, 2018).

“El desarrollo de los sistemas ha incrementado las demandas no sólo para una planeación total, sino que también para un desarrollo a largo plazo de los sistemas” (Hall, 1962). Por esto es indispensable integrar de forma organizada en un marco de trabajo, los sistemas de ingeniería que se pretenden desarrollar en determinado tiempo, pues uno de los objetivos de Ingeniería de Sistemas es proporcionar un marco de trabajo para sistemas duros complejos, pero también para sistemas que se desarrollan bajo un esquema de tiempo bastante amplio.

Con el objetivo de integrar las prácticas y disciplinas que permitan implementar proyectos de forma satisfactoria en las dependencias gubernamentales, se han considerado algunas prácticas, estándares y disciplinas que de forma genérica o estandarizada contribuyen potencialmente al desarrollo exitoso de los proyectos.

Para que un proyecto se considere exitoso depende entender el punto de vista de los interesados y los objetivos que se plantean por cada uno de ellos. Sin embargo, de forma explícita desde el punto de vista de la ejecución, lo que debe cuidarse son cuatro aspectos principales: alcance, tiempo o programación, costo y calidad (PMI, 2017).



Para determinar el éxito de los programas se recurre a una evaluación que considera los cambios que genera el programa en la realidad y por su naturaleza son resultados externos al programa (Havens, 1981), por esto no basta implementar cada uno de los proyectos que integran el programa de manera satisfactoria, sino que se requiere además de mayor visión y rigor metodológico al momento de establecer los objetivos del programa. Se han comprobado las ventajas de contar con alineación de la estrategia y la Tecnología (Grover & Rajiv, 2006) y existen herramientas que permiten esta armonía (Goldsmith, 1991).

El objetivo de integrar los procesos correspondientes a las disciplinas técnicas y metodologías antes mencionadas es desarrollar sistemas de información robustos, grandes y complejos para automatizar los procesos sustantivos de una organización (o entidad gubernamental) y colaborar con el cumplimiento de sus objetivos estratégicos mediante la ejecución de la solución de una manera eficiente.

La intención es cubrir los riesgos de un extremo a otro, es decir, considerar los aspectos tanto técnicos como los riesgos de gestión. La gestión de riesgos merece un tipo de gestión adicional cuando se trata de proyectos con alta innovación tecnológica (Samonova & Pavlov 2018).

La integración entre procesos de Administración de Programas y proyectos con procesos propios de la Ingeniería de Sistemas es difícil de llevar a cabo (Rebentisch & Prusak, 2017), pero es cada vez más necesaria, debido a que el rol del Ingeniero de Sistemas cobra mayor importancia cuando los proyectos aumentan su dificultad y complejidad técnica.

	<b>Administración de proyectos</b>	<b>Ingeniería de sistemas</b>	<b>Ingeniería de software</b>
<b>Enfoque</b>	Administrativo, gestión general.	Interdisciplinario, análisis, diseño e implementación de sistemas de Ingeniería.	Específico, especialista en sistemas de información/software y tecnología.
<b>Objetivo</b>	Culminar el proyecto en alcance, tiempo, costo y calidad establecidos previamente.	Desarrollar sistemas grandes y complejos hombre-máquina. Generar nuevos sistemas que contribuyan al cumplimiento de objetivos del suprasistema.	Desarrollar sistemas de información para automatizar algunos procesos clave o de soporte.
<b>Riesgos</b>	Riesgos de todo el proyecto y de la administración, interesados, técnicos, organizacionales etc.	Riesgos técnicos principalmente, riesgos sobre costos.	Riesgos sobre las funcionalidades del software.
<b>Rol</b>	Administrador de proyectos.	Ingeniero de sistemas.	Ingeniero de software.

	<b>Administración de proyectos</b>	<b>Ingeniería de sistemas</b>	<b>Ingeniería de software</b>
<b>Funciones principales</b>	Planear, dirigir, monitorear y controlar el trabajo y la gestión de los recursos del proyecto. Desarrollar al equipo de trabajo.	Coordinar el diseño y la integración de los elementos de un sistema de ingeniería	Participar en el desarrollo de un sistema de software mediante el análisis, diseño, implementación, pruebas y liberación.
<b>Productos principales</b>	Planes, reportes e informes del avance del proyecto y pronósticos, además de todos los entregables: sistemas, archivos, documentos, manuales, guías, etc.	Planes técnicos. Estudios sobre sistemas, alternativas técnicas de solución, modelos y simulaciones. Sistemas y documentación.	Sistemas de información, archivos de sistemas, documentación técnica y guías de usuario.

**Tabla 7. Características de las disciplinas técnicas para el desarrollo de proyectos de software. Fuente: Elaboración propia.**

La intención es cubrir los riesgos de un extremo a otro, es decir, considerar los aspectos tanto técnicos como los riesgos de gestión para garantizar que el proceso de desarrollo se lleve acorde con los objetivos de la triple restricción extendida (PMI, 2017), que además garantice el funcionamiento del sistema desarrollado con las características esperadas y que permita cumplir los objetivos de orden superior del suprasistema.

Los proyectos pueden clasificarse según cuatro dimensiones simultáneas; 1) el grado de innovación tecnológica; 2) el grado de complejidad de sus componentes; 3) el objetivo del proyecto según los tiempos de guerra o paz, y 4) el grado de novedad o disrupción que genera (Shenhar & Dvir, 2007). También es posible clasificar los proyectos según el área de desarrollo.

Con el objetivo de evaluar adecuadamente durante todo el ciclo de vida del proyecto es crucial identificar el tipo de evaluación por realizar en cada etapa, por ejemplo, una evaluación ex ante es requerida para identificar aquellos proyectos que agregarán valor, mientras que una evaluación ex post sirve para verificar el cumplimiento de los objetivos de los proyectos o sistemas implementados. La evaluación durante la implementación del proyecto se denomina evaluación durante el proceso, y permite conocer en qué grado el proyecto sigue alineado a los objetivos de orden superior (Hall, 1989) o con el programa o portafolio al que pertenece (Kerzner, 2014), también permite conocer si los objetivos han cambiado o si el proyecto ya no se encuentra alineado con el portafolio, lo que conduce a cambios o en el proyecto, o bien a su cancelación o continuidad. Es posible, por lo tanto, medir todo el proceso desde la detección de necesidades hasta los resultados obtenidos y el cumplimiento de los objetivos de la solución empleada. Una forma de ver holísticamente la evaluación de un proceso es mediante la evaluación del contexto (objetivos) de un sistema, los insumos, el proceso (implementación) y el producto obtenido (Stufflebeam, 1971;

Armijo, 2009). De forma interna para el proyecto, existen métricas útiles para saber si el avance es el esperado en tiempo, alcance y costos incurridos, las métricas que cumplan con determinadas características de predictibilidad, relevancia, control y automatización de su cálculo se pueden considerar KPIs (Kerzner, 2011) para obtener una evaluación de la implementación del proyecto y corregir su curso en caso de que exista una desviación considerable.

En un primer momento pareciera que la Ingeniería de Sistemas solo es aplicable a organizaciones grandes debido a la complejidad de los sistemas que se desarrollan e implementan, a pesar de ello, organizaciones pequeñas que desarrollan proyectos de ingeniería pueden aplicar esta disciplina mediante la selección de procesos o de un estándar acorde con su tamaño y a sus objetivos (Robinson, 2018), así que incluso en un área o unidad departamental es posible aplicar esta disciplina en la construcción de sistemas de ingeniería de cualquier tipo.

#### 4.2.1 Tipos de proyectos de ingeniería

La naturaleza de los proyectos juega un papel fundamental al momento de planificar su ejecución (Crawford, Hobbs & Turner, 2005), pues la estimación de tiempos de ejecución para cada tipo de proyecto varía ampliamente. En un proyecto de infraestructura civil la estimación tendrá una variación distinta a un proyecto de TI (Serrador, 2015).

<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Características</b>	<b>Principales profesionistas técnicos a cargo</b>
<b>Infraestructura Civil</b>	Sistemas carreteros, caminos, puentes, presas, etc.	Son proyectos que requieren poca innovación, considerable planeación y evaluación de proyectos	Ing. Civiles
<b>Innovación Tecnológica</b>	Desarrollo de Sistemas de software	Requieren alta innovación, el proyecto no tiene evaluación adecuada, es muy semejante a un proyecto de investigación científica.	Ing. En Computación, Ing. En Sistemas Computacionales
<b>Implementación Tecnológica</b>	Implementación o adaptación de Sistemas de software, proyectos de telecomunicaciones	No requieren mucha innovación, solo algunos aspectos de planeación pueden evaluarse sin mucho detalle, la implementación presenta problemas mínimos.	Ing. En Computación, Ing. En Sistemas Computacionales
<b>Producto Tecnológico</b>	Máquinas o tecnología	Requieren innovación tecnológica.	Ing. Mecánico, Ing. Eléctrico,
<b>Proyecto Industrial</b>	Logística, planta industrial	Requieren mediana innovación tecnológica.	Ing. Industrial, Ing. Logística, Ing. Mecánico.
<b>Proyectos de No Ingeniería</b>	Organización de un evento	No requieren innovación, ni desarrollo de tecnología	Administrador, otros.

**Tabla 8. Tipos de proyectos de Ingeniería. Fuente: Elaboración propia.**

Los proyectos de ingeniería difieren en su ciclo de vida y en sus fases específicas, en ocasiones es necesario ajustar el ciclo de vida clásico propuesto para determinado tipo de proyecto de ingeniería en una rama en específico (Gräßler & Xiaojun, 2016), de hecho, para proyectos de Ingeniería de Software incluso se utilizan diversos modelos de procesos o ciclos de vida según las necesidades del proyecto (Sommerville, 2011).

Los procesos de evaluación del proyecto deben realizarse en todo momento, desde el inicio, con un estudio de factibilidad o con un proceso de evaluación de proyectos formal, además, durante el proyecto se evalúa el desempeño del proceso en la implementación dentro de las líneas base al mismo tiempo que la Dirección evalúa la pertinencia del proyecto y su contribución a los actuales y/o cambiantes objetivos y metas. Finalmente, cuando se ha entregado el proyecto se evalúa su desempeño y la contribución que tiene en el cumplimiento de objetivos (Ex-post). Otra forma de ver la evaluación es mediante indicadores que evalúan insumos utilizados, la eficiencia del proceso, la generación del producto y los resultados intermedios y finales (Armijo, 2009). De manera semejante a la correlación que muestran

los diferentes indicadores organizacionales (Bhatti, Awan, & Razaq, 2014) puede desarrollarse para indicadores de desempeño de un proyecto en particular.

#### 4.2.2 Dificultades de la Administración de Proyectos

Algunos de los problemas de la Administración de Proyectos tienen una estrecha relación con la estimación de tiempos, se debe principalmente al tipo de proyecto que se desarrolle, por ejemplo, existe una diferencia entre proyectos de infraestructura civil, y los proyectos de innovación o tecnología, estos últimos suelen tener mayor varianza en la estimación de tiempos, lo que puede conducir a un mayor riesgo de culminar después de los plazos establecidos (Serrador & Turner, 2014).

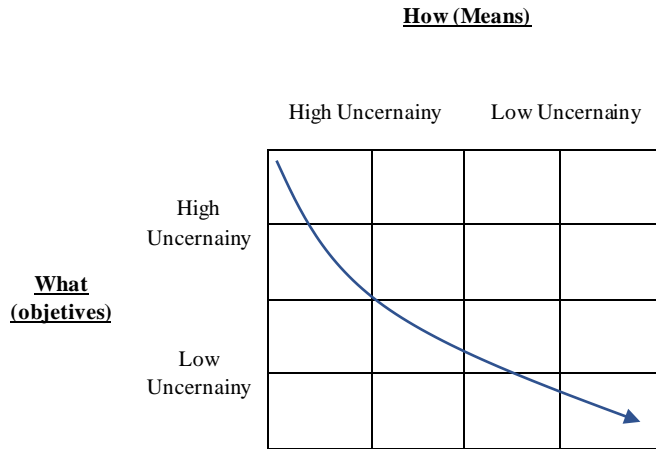
Aspecto	Proyectos de Infraestructura Civil	Proyectos de Innovación o Tecnología
<i>Estimación de costos</i>	Menor variación	Mayor variación
<i>Estimación de cronograma</i>	Menor variación	Mayor variación
<i>Estimación de recursos</i>	Menor variación	Mayor variación
<i>Complejidad</i>	Complejo	Simple-Complejo
<i>Tamaño de proyectos</i>	Medianos-Grandes: Variable	Pequeños-Grandes: Variable

**Tabla 9. Comparación de proyectos de infraestructura civil vs proyectos de innovación o tecnología. Fuente: Elaboración propia.**

Una de las mayores dificultades al momento de planear proyectos de software es que se trabaja con elementos intangibles, que además depende de la pericia de los ingenieros de software encargados de la programación o codificación.

Una realidad es que, debido a la naturaleza de los proyectos de software, existirá en estos un componente de incertidumbre mayor a otro tipo de proyectos. También existirá una componente de incertidumbre en el éxito, sobre todo cuando se trata de proyectos de inversión. En el caso del sector público la rendición de cuentas y el proceso de presupuestación exigen una estimación de recursos y tiempos profunda, acertada y eficaz.

Para proyectos de Investigación y Desarrollo es necesario gestionar de cerca los riesgos mediante el entendimiento de la incertidumbre que se tiene acerca de los objetivos como el entendimiento de la solución (Pearson & Brockhoff, 1994). Si se analiza detenidamente la matriz de incertidumbre para proyectos de este tipo, es posible percibir la semejanza con la matriz de Jackson (Jackson & Keys, 1984; Jackson, 2003) o con la matriz de complejidad vs incertidumbre para proyectos de software (Wysocki, 2006). Esto permite adquirir un hábito para analizar la complejidad de los proyectos, puesto que según el tipo de proyecto habrá necesidades particulares y aspectos únicos por considerar para mitigar y gestionar los riesgos.



**Figura 36. Mapa de la incertidumbre. Fuente: Pearson & Brockhoff, 1994.**

En lo referente a los procesos que tienen mayor impacto, se ha encontrado que los procesos de Administración de Proyectos que son considerados críticos cambian según el tipo de industria (Zwikael & Globerson, 2006), por ejemplo, la Planeación del Alcance es un proceso crítico para proyectos de software, pero no es para el sector de servicios e industrial, mientras que la gestión presupuestal se considera crucial para proyectos industriales, pero no para proyectos de software.

### 4.3 Integración de Procesos para Administración de Proyectos

Para lograr la integración exitosa de los procesos de Administración de Proyectos e Ingeniería de Software resulta muy útil tomar como referencia la matriz de Hall. En esta matriz se muestran las principales fases y los pasos considerados para realizar el proceso de Ingeniería de Sistemas en su totalidad. Como es natural, no todas las celdas de la matriz contienen procesos o actividades, esto se debe principalmente al tipo de proyecto que se trabaje, pero también se debe a la naturaleza de los procesos incluidos en esta metodología.

Fases/Pasos	Definición del problema	Diseño del sistema de valía	Síntesis del sistema	Análisis de sistemas	Optimización	Toma de decisiones	Planeación para la acción
Planeación del programa	A11 BALANCEO DEL PORTAFOLIO	A12 ARBOL DE OBJETIVOS, CRITERIOS DE EVALUACIÓN EX ANTE	A13 DESCRIPCIÓN DE TODOS LOS PROYECTOS	A14	A15	A16 DECISIÓN, ELEGIR LOS PROYECTOS QUE CONFORMARÁN EL PROGRAMA	A17 PLAN DEL PROGRAMA
Planeación del proyecto	A21 DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA	A22 ARBOL DE OBJETIVOS DEL PROYECTO, CRITERIOS DE EVALUACIÓN, ANÁLISIS DE INTERESADOS	A23 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA UN PROYECTO	A24 DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA UN PROYECTO	A25 MEJORA DE LAS PROPUESTA DE SOLUCION, EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO, TÉCNICAS DE JERARQUIZACIÓN CON ANÁLISIS DE SISTEMAS	A26 DECISIÓN, ELEGIR LA MEJOR PROPUESTA DE SOLUCIÓN	A27 PLAN PARA EL DESARROLLO (PLAN PROSPECTO) CRONOGRAMA
Desarrollo del sistema	A31	A32 (TRAZABILIDAD DEL SISTEMA)	A33 DESCRIPCIÓN	A34 DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN	A35 OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA	A36 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	A37 COMUNICAR

Fases/Pasos	Definición del problema	Diseño del sistema de valía	Síntesis del sistema	Análisis de sistemas	Optimización	Toma de decisiones	Planeación para la acción
	(DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA) (A PARTIR DE LAS NECESIDADES)		DETALLADA DE LA SOLUCIÓN		SOLUCIÓN, OPTIMIZACIÓN DE COSTOS		LA PUESTA EN MARCHA DESARROLLO DEL SISTEMA (PLANEAR DESARROLLO)
Producción	A41 (DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PARA SU PRODUCCIÓN)	A42 (ESTABLECER LA CANTIDAD A PRODUCIR Y ESPECIFICACIONES)	A43 (DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SISTEMA PARA SU PRODUCCIÓN)	A44	A45 (MEDIR LA PRODUCCIÓN, COSTOS, TIEMPOS, ETC, ASPECTO TÉCNICO) (EVALUACIÓN DE PROCESO)	A46 (CONTROLAR LA PRODUCCIÓN)	A47 (COMUNICAR LA DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA)
Distribución	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57
Operaciones	A61	A62 (ESTABLECER INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA)	A63, REINGENIERÍA (REDISEÑO)	A64 REINGENIERÍA (REDISEÑO)	A65 EVALUACIÓN EX POST	A66 ELEGIR LA INTERVENCIÓN QUE MEJORARÁ LAS OPERACIONES DEL SISTEMA	A67 COMUNICAR ESTADO DEL SISTEMA
Retiro	A71	A72	A73 (DESCRIBIR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA)	A74 (DETALLAR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA)	A75	A76 (TOMAR LA DECISIÓN DE RETIRAR O DE HACER REINGENIERÍA)	A77 COMUNICAR RETIRO O REINGENIERÍA

**Figura 37. Matriz de Hall. Fuente: Hall, 1989.**

### 4.3.1 Procesos y disciplinas técnicas

Podemos establecer una integración entre la Ingeniería de Sistemas como marco metodológico, la evaluación y Administración de Proyectos, y la Ingeniería de Software como disciplinas particulares que aportan procesos particulares para cubrir de manera transversal el desarrollo de proyectos de ingeniería de software.

Para los procesos de Ingeniería de Software, se ha desarrollado con anterioridad una estructura de procesos semejante a la propuesta por Hall (Boehm, 1983), por lo tanto, es posible tomar elementos de dicha estructura para definir las actividades de cada una de las fases del proceso de Ingeniería de Software independientemente del ciclo de vida seleccionado (Predictivo, Evolutivo, Incremental, Iterativo, etc.). El desarrollo del proyecto de software incluye la especificación de requisitos, el diseño, implementación, integración y despliegue (Iden & Bygstand, 2017) lo cual excluye el estudio de factibilidad que sí es considerado por otros autores (Boehm, 1983; Williams 1982; Cleland, 1998; Lester, 2014), esto puede representar una disyuntiva importante sobre considerar el estudio de factibilidad dentro de la administración del proyecto o en una fase previa, normalmente esto puede conducir al error en la decisión de no realizar dicho estudio de factibilidad técnica, y el cual podría considerarse un elemento de la Evaluación de Proyectos y no de la Ingeniería de Software.

Como parte del desarrollo de sistemas de ingeniería, es posible diferenciar los procesos relacionados con la entrega del producto, y los procesos relacionados con el plan o la gestión (PMI, 2017), pues estos procesos interactúan constantemente durante la fase de síntesis en el desarrollo del proyecto (Carmichael, 2013).

Dentro de los procesos enfocados en el producto, tenemos aquellos relacionados con el diseño de ingeniería, el cual se compone de una fase de análisis y síntesis que resultan complementarias. Para el diseño en ingeniería (Dieter & Schmidt, 2013) se consideran actividades correspondientes a tres fases: a) Diseño conceptual, b) Diseño del prototipo y c) Diseño detallado.

La fase de análisis incluye métodos como la simulación, la predicción y pronósticos, métodos para estudiar características del sistema como estabilidad, escalabilidad y confiabilidad, métodos para determinar la factibilidad económica, técnicas CPM, entre otros. La fase de síntesis incluye el diseño, la optimización, la toma de decisiones, la planeación, gestión, y estudios generales (Carmichael, 2013).

Un modelo genérico conformado de cinco fases para la gestión de proyectos que incluye 1) el diseño conceptual, 2) validación, 3) desarrollo a gran escala, 4) producción y 5) despliegue, parece estar ideado para el desarrollo de sistemas de ingeniería particularmente centrado en el producto (Cleland, 1998), y tiene correspondencia con las fases de la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1962; 1989), pero también, otro modelo genérico del ciclo de vida de los proyectos de Tecnologías de la Información constituido por siete fases logra una mayor semejanza y equivalencia con los procesos de Ingeniería de Sistemas de Hall abarcando desde la factibilidad técnica del proyecto hasta la operación (Lester, 2014).

Antes de que la Administración de Proyectos emergiera como una disciplina consolidada bajo estándares internacionales, se contaba con un compendio de herramientas que permitían desarrollar proyectos, algunas herramientas de evaluación financiera se consideraban como parte de la planeación del proyecto (Williams, 1982) o bien como parte de la selección de la mejor alternativa previa al desarrollo del proyecto (Hall, 1962), mientras que en la actualidad la evaluación financiera suele tomar parte en los procesos de análisis de negocio, es decir antes del desarrollo del proyecto.

Ingeniería de Sistemas Hall (1962)	Ingeniería de Sistemas Hall (1989)	Ingeniería de Software	Administración de Proyectos (PMI,2017)	Elementos
Estudios de sistemas	Planeación del programa	Factibilidad	Inicio	Evaluación de programas y proyectos
Planeación exploratoria	Planeación del proyecto	Análisis Diseño	Planeación del proyecto	Diseño conceptual UML o sysML Evaluación ex ante



Ingeniería de Sistemas Hall (1962)	Ingeniería de Sistemas Hall (1989)	Ingeniería de Software	Administración de Proyectos (PMI,2017)	Elementos
Planeación del Desarrollo				Plan del proyecto
Estudios durante el desarrollo	Desarrollo del sistema	Diseño Desarrollo	Ejecución Monitoreo	Diseño detallado Programación Evaluación durante (indicadores del proyecto)
Prosecución técnica	Producción	Desarrollo	Ejecución Monitoreo	Programación Evaluación durante (indicadores del proyecto)
Prosecución técnica	Distribución	Implementación	Cierre	Configuración
Prosecución técnica	Operaciones	Operaciones	-	Indicadores de gestión del servicio o desempeño Evaluación ex post
Prosecución técnica	Retiro	Mantenimiento	-	Reingeniería mejora o retiro

**Tabla 10. Comparación de fases de las disciplinas técnicas.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Existen variadas metodologías de sistemas, de ingeniería, de proyectos, de planeación, y de resolución de problemas que guardan una relación entre fases y pasos. Es posible observar que muchas de estas, tienen fases con un parecido muy alto entre sí. No es coincidencia que todas o la mayoría de las metodologías comiencen con una fase o paso explícito para determinar el problema, esto no es trivial debido a que en caso de seleccionar el problema equivocado estaríamos utilizando recursos valiosos para atender un problema que no es prioridad o para alcanzar otros objetivos distintos a los seleccionados previamente.

Metodología	Autor	Fases	Pasos
Systems Engineering (Goode, 1960)	Goode, 1960	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statement of problem</li> <li>• Mathematical Model</li> <li>• Design of Experiments</li> <li>• Field Experiments</li> <li>• Single-thread Design</li> <li>• High-traffic Design</li> <li>• Competitive Design</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Statement of problem</li> <li>• Mathematical Model</li> <li>• Design of Experiments</li> <li>• Field Experiments</li> <li>• Single-thread Design</li> <li>• High-traffic Design</li> <li>• Competitive Design</li> </ul>
Systems Engineering (Hall, 1962)	Hall, 1962	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploratory Planning</li> <li>• Development Planning</li> <li>• Development</li> <li>• Current development</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem definition</li> <li>• Value Systems Design</li> <li>• System Synthesis</li> <li>• System Analysis</li> <li>• Optimization</li> <li>• Decision Making</li> <li>• Planning for Action</li> </ul>
Systems Engineering (Jenkins, 1964)	Jenkins, 1969	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems Analysis</li> <li>• Systems Design</li> <li>• Implementation</li> <li>• Operation</li> </ul>	
Systems Engineering (Hall, 1989)	Hall, 1989	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Program Planning</li> <li>• Project Planning</li> <li>• System Development</li> <li>• Production</li> <li>• Distribution</li> <li>• Operations</li> <li>• Retirement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem definition</li> <li>• Value Systems Design</li> <li>• System Synthesis</li> <li>• System Analysis</li> <li>• Optimization</li> <li>• Decision Making</li> <li>• Planning for Action</li> </ul>
Systems Engineering (Blanchard, 1981)	Blanchard, 1981	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identified Need</li> <li>• Conceptual Design</li> <li>• Preliminary Design</li> <li>• Detail Design and Development</li> <li>• Production</li> <li>• Operational Use</li> <li>• Retirement</li> </ul>	
Systems Engineering (Hill & Warfield, 1972)	Hill & Warfield, 1972	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploratory Planning</li> <li>• Development Planning</li> <li>• Development</li> <li>• Current development</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem definition</li> <li>• Value Systems Design</li> <li>• System Synthesis</li> <li>• System Analysis</li> <li>• Optimization</li> <li>• Decision Making</li> <li>• Planning for Action</li> </ul>
Systems Engineering (Sage, 1992)	Sage, 1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems Definition</li> <li>• Systems Development</li> <li>• Systems Deployment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formualtion</li> <li>• Analysis and assesment</li> <li>• Interpretation</li> </ul>
Systems Engineering (NASA, 2007)	NASA, 2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concept studies</li> <li>• Concept and Technology Development</li> <li>• Preliminary Design and Technology Completion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre Formualtion</li> <li>• Formulation</li> <li>• Implementation</li> </ul>

Metodología	Autor	Fases	Pasos
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final Design and Fabrication</li> <li>• Systems Assembly, Integration and Test Launch</li> <li>• Operations and Sustainment</li> <li>• Closeout</li> </ul>	
Systems Engineering (INCOSE, 2006)	INCOSE, 2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concept</li> <li>• Development</li> <li>• Production</li> <li>• Utilization</li> <li>• Support</li> <li>• Retirement</li> </ul>	
Systems Engineering (SEBoK, 2017)	Adcock et. al, 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems Definition</li> <li>• Systems IOC</li> <li>• Development</li> <li>• Systems Evolution and Retirement</li> </ul>	
Project Management (PMI, 2017)	PMI, 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starting</li> <li>• Organizing and Preparing</li> <li>• Carrying Out the Work</li> <li>• Ending the Project</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initiation</li> <li>• Planning</li> <li>• Executing</li> <li>• Monitoring and Controlling</li> <li>• Closing</li> </ul>
Systems Decision Process	Parnell, Driscoll & Henderson, 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem definition</li> <li>• Design solution</li> <li>• Decision making</li> <li>• Solution Implementation</li> </ul>	
Systematic Systems Approach	Athey, 1982	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulate the problem</li> <li>• Gather and evaluate information</li> <li>• Develop potential solutions</li> <li>• Evaluate workable solutions</li> <li>• Decide the best solution</li> <li>• Communicate system solution</li> <li>• Implement solution</li> <li>• Establish performance standards</li> </ul>	
Engineering Design Process	Dieter & Schmidt, 2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptual design</li> <li>• Embodiment design</li> <li>• Detail design</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define problem</li> <li>• Gather information</li> <li>• Concept generation</li> <li>• Evaluation of concepts</li> <li>• Product architecture</li> <li>• Configuration design</li> <li>• Parametric design</li> <li>• Detail design</li> </ul>
Product Development Process	Asimov, 1962	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planning</li> <li>• Concept development</li> <li>• System-level design</li> <li>• Detail design</li> <li>• Testing and refinement</li> <li>• Production ramp-up</li> </ul>	

Metodología	Autor	Fases	Pasos
Engineering Design Process	Ulman, 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Market development</li> <li>• Conceptual design</li> <li>• Product design</li> <li>• Manufacturing</li> <li>• Product Use</li> </ul>	

**Figura 38. Comparación del ciclo de vida para el desarrollo de proyectos y productos de Ingeniería. Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.3.1.1 Presupuestación

Resulta necesario planear conforme al ciclo de asignación de presupuestos en la administración pública según la SHCP (UNAM & SHCP, 2018). Esto es necesario, debido a que los avances del proyecto deben justificar el presupuesto erogado, para que en aquellos proyectos de mediano y largo plazo sea posible tener continuidad, pues se corre el riesgo de que sea cancelado ya sea por la misma administración debido a que no parecen reportarse avances adecuadamente, o por otras (nuevas) administraciones que ignoran qué proyectos se encuentran en realización y el avance conseguido por estos (y/o la contribución a los objetivos de la organización).



**Figura 39. Ciclo presupuestario. Fuente: UNAM y SHCP 2018.**

Existen múltiples métodos para elaborar el presupuesto para un proyecto (Eichenberger, 1998; Pritsker, et. al, 1969; PMI, 2017). En este caso se sugiere el uso de la estimación paramétrica para el caso de la evaluación en un nivel de prefactibilidad, sin embargo, si el proyecto es aprobado y se continúa con este, es recomendable realizar una estimación

ascendente, o bien, para mayor precisión utilizar métodos de estimación propios de la industria del software (Boehm, 1981).

#### *4.3.1.2 Procesos de la Ingeniería de Sistemas*

La metodología de Ingeniería de Sistemas (Hall, 1989) se conforma de siete fases correlacionadas normalmente de manera secuencial:

- Planeación del Programa - Program planning (Systems studies\*)
- Planeación del Proyecto - Project planning (and preliminary design)
  - Planeación Exploratoria - Exploratory planning\*
  - Planeación para el Desarrollo - Development planning\*
- Desarrollo del Sistema - System development (implement project plan)
  - Desarrollo Exploratorio Exploratory development
    - Diseño - Design
    - Pruebas - Testing
    - Factibilidad - Feasibility
    - Prototipo - Prototype or model (software or hardware)
- Producción, construcción y/o instalación - Production, construction and/or installation (or construction)
- Distribución - Distribution (and phase in)
- Operaciones - Operations (or consumption)
- Retiro - Retirement (and phase out)

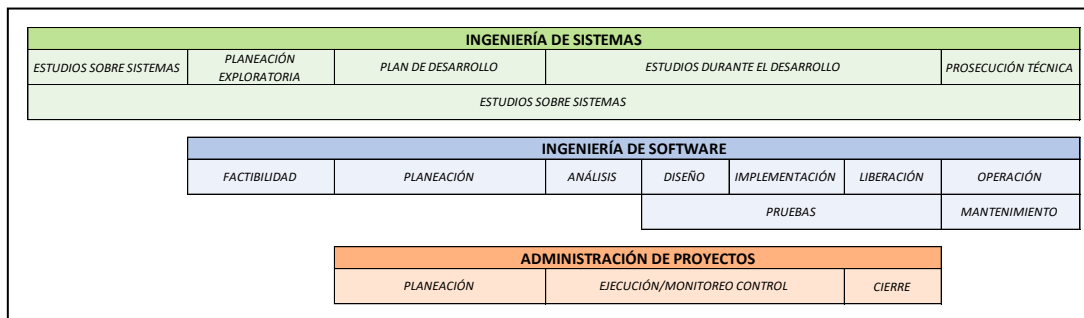
#### *4.3.1.3 Integración de los Procesos*

Para un proyecto de software, es posible identificar las fases y los pasos que tienen lugar. Esta estructura será considerada como la referencia para describir los procesos contenidos, en un mapa de procesos y posteriormente describir cada proceso a un nivel de detalle suficiente para trabajar un caso de aplicación.

Inicialmente, podemos establecer una sincronización (alineación temporal) entre los principales procesos de las disciplinas seleccionadas. La ingeniería de sistemas es el marco principal que aborda desde la fase previa a la concepción de los sistemas, hasta su implementación, mantenimiento y retiro desde el punto de vista mayormente técnico.

Por otro lado, como disciplina particular para el desarrollo de sistemas de ingeniería de software, se tiene la Ingeniería de Software que incluye comúnmente la fase de factibilidad, planeación, y propiamente el desarrollo del sistema de software pasando por fases de análisis, diseño, implementación, liberación, operación y mantenimiento.

Adicionalmente, como parte de la necesidad de gestionar el proceso como un proyecto, es necesario incluir la administración de proyectos que habitualmente incluye una fase de planeación, ejecución y un cierre.



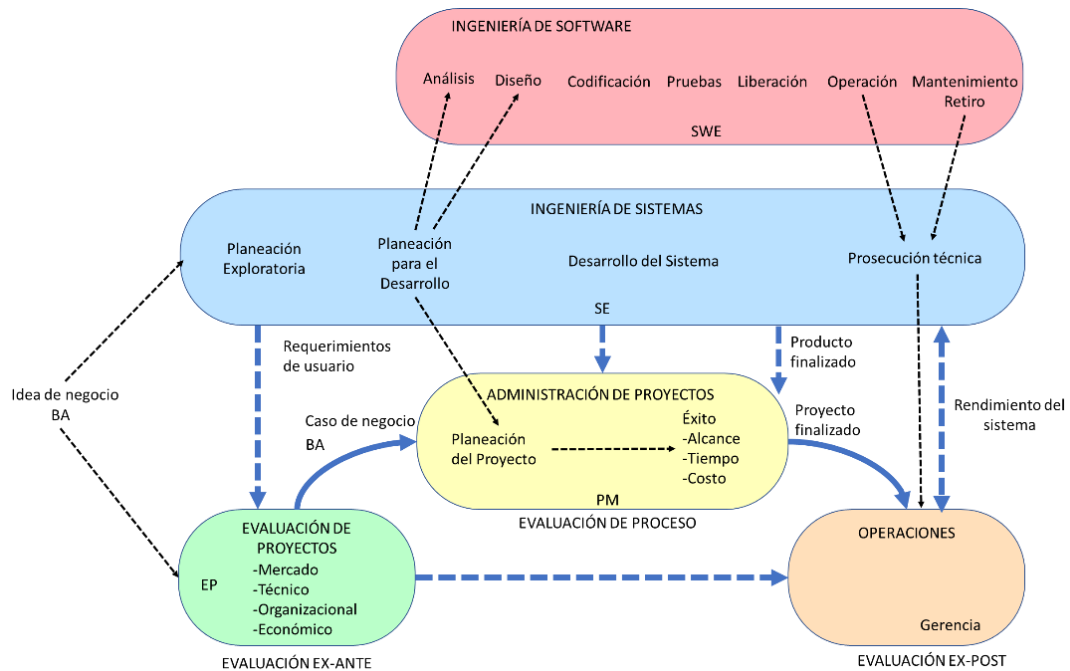
**Figura 40. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos. Fuente: Elaboración propia.**

Las principales disciplinas en cuestión tienen conexiones en común que permiten mitigar las falencias. La iniciativa comienza con una idea de negocio que pretende resolver un problema o atender una necesidad. De manera directa esta iniciativa es evaluada por los procesos iniciales de la Ingeniería de Sistemas, que se relacionan con la evaluación de los proyectos como disciplina particular, en la evaluación de proyectos se incluyen normalmente las etapas de evaluación de mercado, evaluación técnica, organizacional, financiera y económica. Por su parte, la evaluación como parte de la Ingeniería de Sistemas incluye la evaluación de estos aspectos, pero de manera continua, no únicamente como requisito para comenzar un proyecto.

Para el desarrollo de sistema existe una correspondencia temporal con la Administración de Proyectos en donde el enfoque se centra en la ejecución, por un lado, están los procesos técnicos y por otro los de gestión. Como parte especial de los procesos técnicos

particulares podemos profundizar en aquellos procesos proporcionados por la Ingeniería de Software que incluyen el ciclo de vida de cualquier proyecto de software.

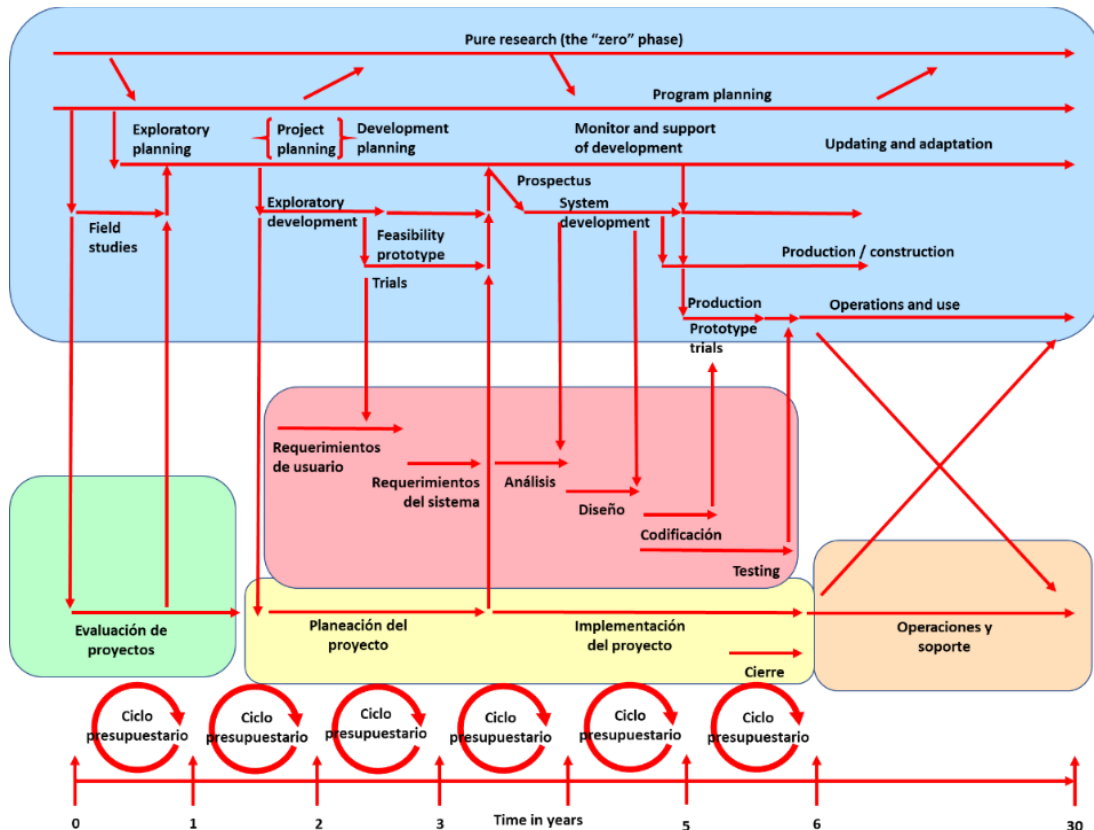
Finalmente son las operaciones de los sistemas, en donde convergen naturalmente los procesos técnicos de Ingeniería de Software y de Sistemas, y que comienzan una vez que ha finalizado el proyecto y ha sido entregado.



**Figura 41. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos (detalle). Fuente: Elaboración propia.**

Los principales marcos de trabajo pueden integrarse bajo el esquema de ingeniería de sistemas de Hall (1962; 1989) sin ninguna distorsión, por el contrario, los procesos parecen integrarse de forma natural.

Es importante mencionar que los procesos de Ingeniería de Software pueden presentar un ciclo de vida distinto al típico en cascada, por lo que la factibilidad del prototipo o su entrega puede tener otra disposición, sin embargo, siempre se llevarán a cabo.



**Figura 42. Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Adaptado de Hall, 1989.**

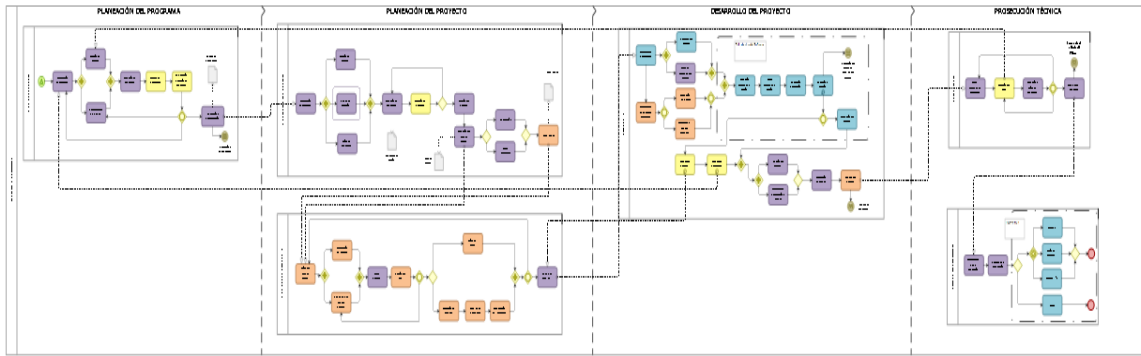
Con el apoyo de una estructura fractal como la matriz de Hall (1998), es posible identificar aquellos procesos que son necesarios para desarrollar proyectos de ingeniería de software. Estos procesos son procesos de ingeniería de sistemas, ingeniería de software, de administración de proyectos y de evaluación en general. Estos procesos se ubican según las fases o pasos en los que se desarrollen. No necesariamente estos procesos se realizan de manera secuencial en lo respectivo a los pasos indicados, no obstante, estos pasos son necesarios para comprender el alcance de cada fase, su complejidad y los elementos que serán



entregados al finalizar. Es posible que existan casillas vacías, y que incluso, cambien radicalmente su ubicación dependiendo si se trata de un proyecto de ingeniería en algún otro campo de especialización.

Fases Propuestas	Fases Hall 1989	Definición del problema	Diseño del sistema de valía	Síntesis del sistema	Análisis de sistemas	Optimización	Toma de decisiones	Planeación para la acción
Planeación del Programa	Planeación del programa	INVESTIGACIÓN DE DEMANDAS	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN EX ANTE	GENERACIÓN ALTERNATIVAS	ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD		JERARQUIZACIÓN Y SELECCIÓN ALTERNATIVAS (BALANCEO DEL PORTAFOLIO)	PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTACIÓN
Planeación del Proyecto	Planeación exploratoria	INVESTIGACIÓN DE DEMANDAS	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN EX ANTE ANÁLISIS DE INTERESADOS	DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA UN PROYECTO (ANÁLISIS DE NEGOCIO)	EVALUACIÓN DE PROYECTOS PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	DISEÑOS CONCEPTUALES	SELECCIÓN DEL PROYECTO DESARROLLO DEL CASO DE NEGOCIO	DESARROLLO DEL PROJECT CHARTER
	Planeación para el Desarrollo	ANÁLISIS DEL CASO DE NEGOCIO Y PROJECT CHARTER	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS CRITERIOS PARA EL PLAN DEL PROYECTO	DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA	CREACIÓN DEL EDT DESARROLLO DEL CRONOGRAMA DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO ESTIMACIÓN DE RECURSOS ANÁLISIS DE RIESGOS	DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA		PLAN PARA EL DESARROLLO (PLAN PROSPECTO)
Desarrollo del Sistema	Desarrollo del Sistema	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA	TRAZABILIDAD DEL SISTEMA DISEÑO DE LOS INDICADORES DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA)	DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA)	DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA) CODIFICACIÓN (PROGRAMACIÓN)	VERIFICACIÓN DEL DISEÑO VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA	COMUNICAR LA PRODUCCIÓN DEL SISTEMA COMUNICAR LA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA
		ESPECIFICACIONES DE ADQUISICIONES, DE PERSONAL Y DE RECURSOS				INTEGRACIÓN DE PERSONAL ADQUISICIONES Y RECURSOS MATERIALES	CONTROL DEL PROYECTO CONTROL DEL PRESUPUESTO	COMUNICACIÓN DE TÉRMINO DEL SISTEMA
	Distribución	ESPECIFICACIONES PARA LA CONFIGURACIÓN Y CAPACITACIÓN DE USUARIOS				INTEGRACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA CAPACITACIÓN DE USUARIOS		LIBERACIÓN DEL SISTEMA ENTREGA DEL PROYECTO PROYECTO
Prosección Técnica	Operaciones		REVISAR INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA		EVALUACIÓN EX POST ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		ELEGIR LA INTERVENCIÓN QUE MEJORARÁ LAS OPERACIONES DEL SISTEMA	COMUNICAR ESTADO DEL SISTEMA Y LA DECISIÓN DE -REDISEÑO -ADICIÓN DE FUNCIONES -REINGENIERÍA -RETRO
	Retiro o mantenimiento	NECESIDAD DE REINGENIERÍA, REDISEÑO O RETIRO	ESTABLECER OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN PARA LA MEJORA	DESCRIBIR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA	DETALLAR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA			

**Figura 43. Matriz de Hall (1989) con los procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Adaptado de Hall, 1989.**



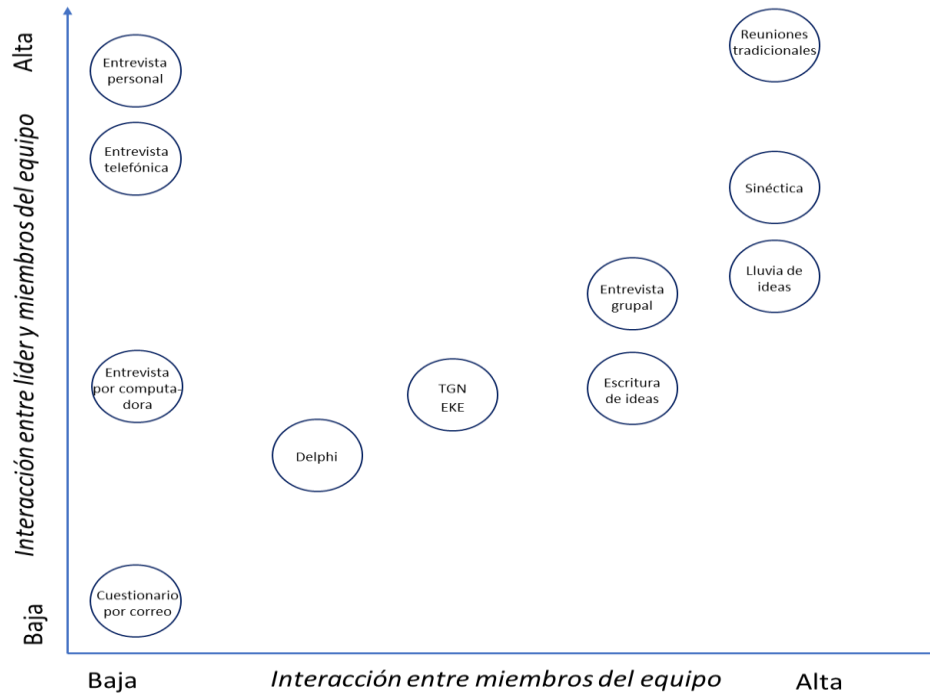
**Figura 44. Mapa de procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Elaboración propia.**

### 4.3.2 Herramientas y técnicas

Existen innumerables herramientas y técnicas para realizar o apoyar las distintas fases del proceso de planeación tales como el diagnóstico, búsqueda de soluciones e implementación, y evaluación de la implementación. De la misma forma para la Administración de Proyectos existen herramientas y técnicas que facilitan dicho proceso.

#### 4.3.2.1 Herramientas y técnicas para la Ingeniería de Sistemas

Hall muestra algunas técnicas que pueden emplearse en el proceso de la Ingeniería de Sistemas (1989), en especial en la fase de obtención de soluciones en donde se sitúan las técnicas en función de la interacción entre miembros del equipo, y la interacción entre el líder y los miembros del equipo. En la figura 44, se pueden apreciar las técnicas propuestas, sin establecer una jerarquización para su uso, más bien, se trata de determinar la situación basada en la cultura organizacional y en las exigencias del proyecto para seleccionar las herramientas adecuadas. Por ejemplo, una técnica Delphi no demanda demasiada interacción entre los miembros del equipo ni con el líder, debido a que se realiza una consulta a expertos de forma anónima con el objetivo de llegar a un consenso sobre el planteamiento de un problema y la identificación de la solución más acorde a la situación.



**Figura 45. Técnicas para la obtención de soluciones. Fuente: Hall, 1989.**

#### 4.3.2.2 Herramientas y técnicas para la Administración de Proyectos

Para gestionar adecuadamente un proyecto, el PMI proporciona un conjunto de herramientas útiles y en ocasiones indispensables para la Administración de Proyectos, como es evidente, no todas las herramientas podrían ser adecuadas para todos los tipos y tamaños de proyectos, por lo tanto, dependiendo del tamaño del proyecto, podría sugerirse el uso de determinadas herramientas mínimas que permitan una gestión eficaz (Martinelli & Milosevic, 2016).

Table 1.4: Examples of PM Toolbox Customization by Project Size				
Project Size	Project Phases			
	Initiation	Planning	Execution	Closure
Small	Project charter	Scope statement	Progress report	Final report
		WBS		
		Responsibility matrix		
Medium	Project charter	Scope statement	Progress report	Final report
	Skill inventory	WBS or PWBS	Change process	Change log
		Responsibility matrix	Change log	Postmortem report
		Cost estimate	Gantt chart	
		Gantt chart	Cost burn down	
Large	Project charter	Scope statement	Progress report	Final report
	Stakeholder matrix	WBS and PWBS	Project indicators	Postmortem report
	Stakeholder strategy	Responsibility matrix	Change process and log	Closure checklist
		Cost estimate	Time-scaled arrow diagram	
		Time-scaled arrow diagram	Slip chart	
		P-I matrix	EVM	
			Risk register	

EVM = earned value management; P-I = probability-impact; PWBS = program work breakdown structure; WBS = work breakdown structure.

**Figura 46. Herramientas para la Administración de Proyectos.**  
**Fuente: Martinelli & Milosevic, 2016.**

#### 4.3.2.3 Herramientas y técnicas para el proceso de planeación

En el proceso de Planeación-Acción, intervienen diferentes métodos, técnicas y herramientas que permiten llevar a cabo los subprocesos de diagnóstico, búsqueda e implementación de soluciones y evaluación de resultados.

	Diagnóstico	Diseño de soluciones
<b>Métodos</b>	TKJ TGN RPP	TKJ ELECTRE TGN PROMETHEE AHP ZOPP
<b>Técnicas</b>	Esquemas conceptuales Causa Efecto	Análisis Morfológico Delphi
<b>Herramientas</b>	TK	Cruz Maltesa Árbol de Objetivos

**Figura 47. Técnicas para el diagnóstico y la implementación de soluciones.**  
**Fuente: Adaptado de Sánchez-Guerrero, 2016.**

#### 4.3.2.4 Herramientas y técnicas para la AP en la AP

A partir de las herramientas descritas anteriormente, es posible realizar un cuadro comparativo que permita identificar la disciplina técnica o de gestión que contiene determinadas herramientas con la finalidad de organizar dichas herramientas a lo largo de todo el proceso de Administración de Proyectos en la Administración Pública.

Fase / herramientas	Hall (1962)	Hall (1989)	SWEBOK (2014)	PMI (2017)	BABOK (2015)	Herramientas Genéricas
<b>Plan del programa</b>	Análisis de integrantes y demandas	Árboles de decisión	Análisis de Requerimientos Análisis PESTLE	Balaceo del portafolio de proyectos y programas	Necesidades de negocio Análisis PESTLE MoSCoW	Matrices de evaluación Análisis costo-efectividad Matrices para tamizar ideas Diagrama de Gantt Matriz de Hall
<b>Planeación exploratoria</b>	Análisis de integrantes y demandas Diagrama de Gantt Diseño conceptual sysML Matriz de relaciones	Matrices de sistemas	Diseño conceptual UML	Juicio de expertos PERT CPM Análisis cuantitativo de riesgos Estimación de costos	---	Árboles de objetivos y jerarquización de objetivos Identificar el problema mediante Delphi u otra herramienta Proponer alternativas y seleccionar alguna Jerarquización Analítica Modelado general de las propuestas de solución Selección del ciclo de vida del proyecto
<b>Planeación de desarrollo</b>	Diagrama de Gantt Diseño de sistemas Técnicas de análisis de sistemas (para jerarquización y selección de la mejor opción)	---	Técnicas de codificación Técnicas de integración y pruebas	Dirección de equipos Liderazgo de equipos Adquisiciones	---	Definición del tipo de proyecto para realizar el PERT con estimación probabilística y simulación Monte Carlo para determinar los tiempos de término Modelado del sistema con sysML o UML Plan del proyecto con Diagrama de Gantt a partir de lo anterior Diseño y descripción del sistema a desarrollar en nivel conceptual

Fase / herramientas	Hall (1962)	Hall (1989)	SWEBOK (2014)	PMI (2017)	BABOK (2015)	Herramientas Genéricas
<i>Desarrollo del sistema</i>	---	---	---	---	---	Diseño preliminar Diseño detallado Plan detallado de trabajo Integración de Necesidades, demandas y objetivos, etc., en la matriz de Hall Desarrollo del sistema Verificación del sistema
<i>Prosecución técnica</i>	---	---	---	---	---	Fabricación en serie del Sistema

**Tabla 11. Herramientas para las disciplinas técnicas y estándares para proyectos.**  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3 Roles de un proyecto de Ingeniería de Software

La habilidad más importante para el Ingeniero de Sistemas es el pensamiento de sistemas el cual tiene una correlación importante con el éxito de proyectos, este pensamiento de sistemas de forma general también es considerado una habilidad para realizar actividades de gestión (Senge, 1990) y se encuentra correlacionado altamente con el éxito en los proyectos (Frank, Sadeh & Ashkenasi, 2011) de manera que, tanto los Ingenieros de Sistemas como los Administradores de Proyectos deberán tener un pensamiento sistémico aplicado a la resolución de problemas técnicos-administrativos para generar sinergia y tener mayores probabilidades de éxito en el desarrollo de proyectos.

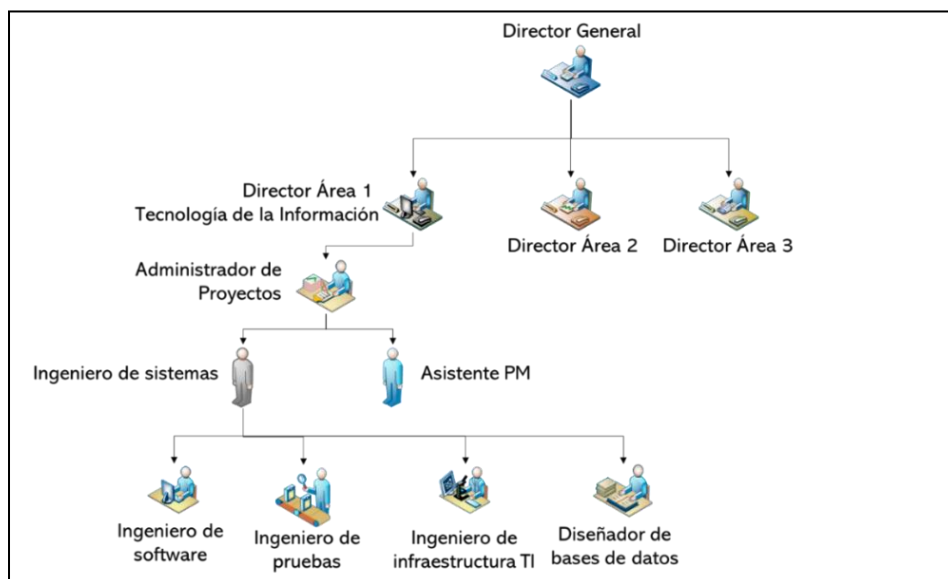
Considerando que la estructura organizacional en la Administración Pública suele ser de tipo funcional, podemos organizar los proyectos a partir de la figura del Director General y el Director de Tecnologías de la Información quienes serán los responsables de gestionar los programas de TI en el área a su cargo, por lo tanto, fungirán como Administradores de Programas puesto que una de las funciones principales es llevar a cabo la programación y presupuestación anual del área a su cargo.

El director de TI (CIO<sup>14</sup>) representa un rol crucial para el éxito de las actuales organizaciones, puesto que su función consiste en ser un proveedor de tecnología, un soporte para los negocios, un conductor de innovación y un visionario (Hütter & Riedl, 2017). En este caso, es posible caer en la confusión de la jerarquía que normalmente le es conferida a un CIO en el sector privado, e incluso en empresas cuya cadena de valor se centra en la entrega de

<sup>14</sup> Chief Information Officer (Director de Tecnologías de la Información)

productos o servicios de TI. A pesar de lo anterior, las funciones mencionadas deben permear a los directores de TI en el sector público.

Un aspecto por considerar es que los proyectos de desarrollo de software y otros proyectos tecnológicos recaen tanto en las Direcciones Generales de Sistemas e Informática como en las Direcciones Generales o de Área con procesos clave o de soporte al negocio que tienen como parte de sus funciones la necesidad de desarrollar sistemas de software e información dentro de la misma área por tratarse de temas especializados.



**Figura 48. Estructura organizacional funcional en la administración pública.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Considerando todo el ciclo de vida de los proyectos de Ingeniería, se observa que diferentes roles tienen lugar según la fase que ocurra. Por ejemplo, en un primer momento al establecerse los objetivos, es posible comenzar con una idea que se somete a un estudio breve de prefactibilidad por parte de los tomadores de decisiones. Existen otros roles que tienen una participación específica en una fase, por ejemplo, el Administrador de Proyectos tiene su mayor labor en la ejecución, pero su trabajo finaliza con el inicio de las operaciones.

#### Roles genéricos

- Chief Executive Officer CEO
- Chief Information Officer CIO
- Program Manager
- Business Analyst
- Project Manager

- Systems Engineer
- Software Engineer (Specialist)

### Roles específicos en la Administración Pública

- Director General
- Director de Área
- Subdirector
- Jefe de Departamento
- Personal de Enlace
- Personal Operativo

Cada uno de los roles tiene un papel fundamental en cada fase y paso específico de la metodología de Ingeniería de Sistemas. Podemos observar que el personal de nivel directivo es más importante para la planeación del programa, mientras que para la planeación del proyecto en un nivel exploratorio el rol más importante es el del Ingeniero de Sistemas. Los procesos de gestión ubicados en la planeación para el desarrollo incluyen al rol del Project Manager el cual trabaja fuertemente en conjunto con el Ingeniero de Sistemas y los especialistas durante el desarrollo del sistema.

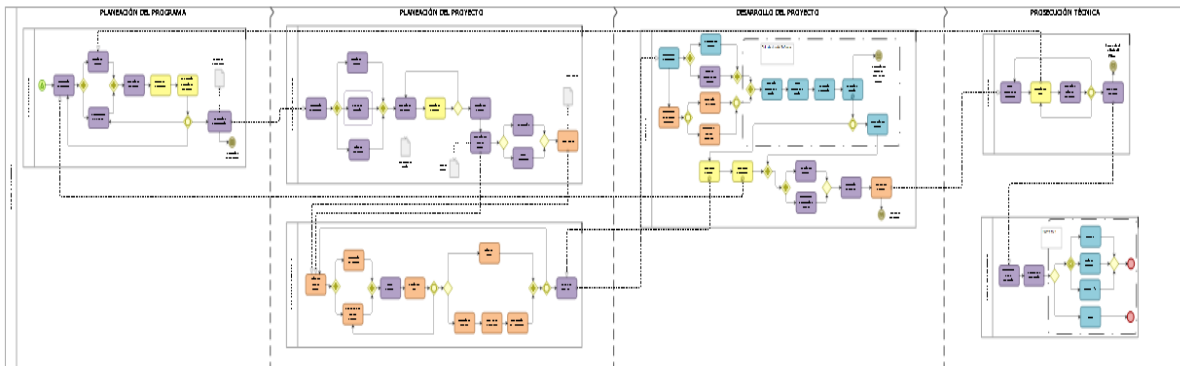
Fases/Pasos	Definición del problema	Diseño del sistema de valía	Síntesis del sistema	Análisis de sistemas	Optimización	Toma de decisiones	Planeación para la acción
Planeación del programa	INVESTIGACIÓN DE DEMANDAS -Director General -Director de Área -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS -Director General -Director de Área  ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN EX ANTE -Director General -Director de Área -Ingeniero de Sistemas	DESCRIPCIÓN DE TODOS LOS PROYECTOS (PROPUESTAS DE PROYECTOS) -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas		BALANCEO DEL PORTAFOLIO (GERARQUIZACIÓN SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS) -Director General -Director de Área -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTACIÓN -Director de Área -Ingeniero de Sistemas
Planeación exploratoria	INVESTIGACIÓN DE DEMANDAS -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS -Analista de Negocio -ingeniero de Sistemas  CRITERIOS DE EVALUACIÓN -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas  ANÁLISIS DE INTERESADOS -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA UN PROYECTO (ANÁLISIS DE NEGOCIO) -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	EVALUACIÓN DE PROYECTOS -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas  PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO -Ingeniero de Sistemas	DISEÑOS CONCEPTUALES -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas  MEJORA DE LAS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	SELECCIÓN DEL PROYECTO -Director General -Director de Área -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas  DESARROLLO DEL CASO DE NEGOCIO -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas	DESARROLLO DEL PROJECT CHARTER -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas
Planeación para el desarrollo	ANÁLISIS DEL CASO DE NEGOCIO O PROJECT CHARTER -Project Manager -ingeniero de Sistemas	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS -Project Manager -Analista de Negocio -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software  CRITERIOS PARA EL PLAN DEL PROYECTO -Project Manager -Ingeniero de Sistemas		CREACIÓN DEL EDT -Project Manager -Ingeniero de Sistemas  DISEÑO DEL CRONOGRAMA TÉCNICO -Project Manager -Ingeniero de Sistemas	DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA -Project Manager -Ingeniero de Sistemas		PLAN PARA EL DESARROLLO (PLAN PROSPECTO) -Project Manager -Ingeniero de Sistemas



Fases/Pasos	Definición del problema	Diseño del sistema de valía	Síntesis del sistema	Análisis de sistemas	Optimización	Toma de decisiones	Planeación para la acción
				<p>DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p> <p>ESTIMACIÓN DE RECURSOS -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p> <p>ANÁLISIS DE RIESGOS -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p>			
Desarrollo del sistema	<p>ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>TRAZABILIDAD DEL SISTEMA -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p> <p>DISEÑO DE LOS INDICADORES DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA) -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p>	<p>DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA) -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p>	<p>DISEÑO DETALLADO DE LA SOLUCIÓN (SISTEMA) -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p> <p>CODIFICACIÓN (PROGRAMACIÓN) -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p>	<p>VERIFICACIÓN DEL DISEÑO -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p> <p>VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas -Ingeniero de Software</p>	<p>COMUNICAR LA PRODUCCIÓN DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p> <p>COMUNICAR LA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p>
	<p>ESPECIFICACIONES DE ADQUISICIONES DE PERSONAL Y DE RECURSOS -Project Manager</p>				<p>INTEGRACIÓN DEL PERSONAL -Project Manager</p> <p>ADQUISICIONES Y RECURSOS MATERIALES -Project Manager</p>	<p>CONTROL DEL PROYECTO -Project Manager -Ingeniero de Sistemas</p> <p>CONTROL DEL PRESUPUESTO -Project Manager</p>	<p>COMUNICACIÓN DE TÉRMINO DEL SISTEMA -Project Manager</p>
Distribución	<p>ESPECIFICACIONES PARA LA CONFIGURACIÓN Y CAPACITACIÓN DE USUARIOS -Ingeniero de Software</p>				<p>INTEGRACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA -Ingeniero de Software</p> <p>CAPACITACIÓN DE USUARIOS -Ingeniero de Software</p>		<p>LIBERACIÓN DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p> <p>ENTREGA DEL PROYECTO -Project Manager</p>
Operaciones		<p>REVISAR INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p>			<p>EVALUACIÓN EX POST -Ingeniero de Sistemas</p> <p>GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</p>	<p>ELEGIR LA INTERVENCIÓN QUE MEJORARÁ LAS OPERACIONES DEL SISTEMA -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>COMUNICAR ESTADO DEL SISTEMA Y LA DECISIÓN DE -REDISEÑO -ADICIÓN DE FUNCIONES -REINGENIERÍA -RETIRO -Ingeniero de Sistemas</p>
Retiro o mantenimiento	<p>ESPECIFICACIONES DE LA INTERVENCIÓN -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>OBJETIVOS DE LA INTERVENCIÓN -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>DESCRIBIR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA -Ingeniero de Sistemas</p>	<p>DETALLAR LA FORMA DE RETIRO O LA NECESIDAD DE REINGENIERÍA -Ingeniero de Sistemas</p>			

**Figura 49. Roles clave en el ciclo de vida de un proyecto.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

## 4.4 Procesos de Ingeniería de Sistemas

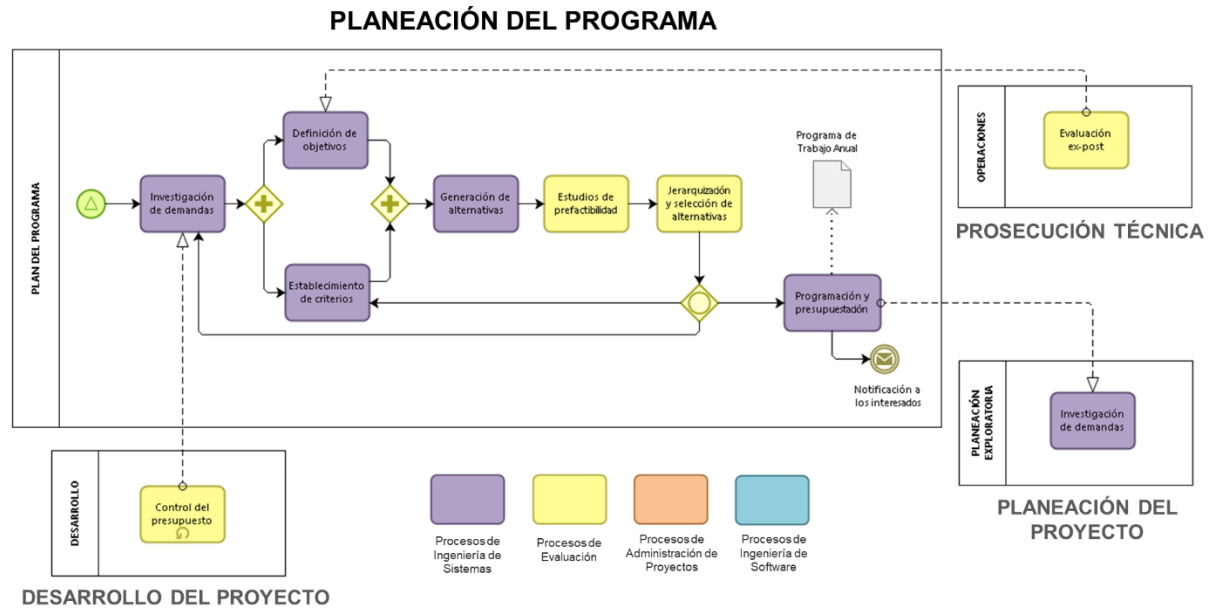


**Figura 50. Procesos para la Administración de Proyectos en la Administración Pública. Fuente: Elaboración propia.**

### 4.5 Fase 1: Planeación del Programa

La Planeación del programa es la primera fase del marco de trabajo propuesto. Este comienza con la investigación de demandas, es decir con la búsqueda de problemas y necesidades de la organización. En este caso, es posible identificar demandas directamente de la normatividad aplicable debido a que, en México, las organizaciones del sector público se crean con objetivos definidos en una ley y obligan a la organización a cumplir con tales objetivos únicamente, por ejemplo, el Servicio de Administración Tributaria (SAT) es el encargado de gestionar la recaudación de impuestos y la asignación de presupuesto, pero no se encuentra facultado para realizar otro tipo de funciones fuera de este sector. Para el caso del INEE el marco legal le proporciona la facultad y la obligación de coordinar las evaluaciones del Sistema Educativo Nacional. Por otro lado, la materialización de las demandas debe traducirse a necesidades específicas de la organización para que esta pueda traducir a su vez dichas necesidades en objetivos organizacionales o de un área en específico.

De forma posterior a la identificación de necesidades y problemas por atender, se definen los objetivos y se establecen los criterios para dichos objetivos, los cuales deberán cubrirse mediante algunas alternativas de solución que serán sometidas a una evaluación rápida para posteriormente jerarquizar y seleccionar aquellas alternativas asociadas a los objetivos de mayor prioridad. Algunas de las herramientas que coadyuvan con el plan del programa son las matrices de interacción (Hill & Warfield, 1972), los árboles de objetivos (GTZ, 1987), matrices de evaluación (Majaro, 1998; Mason & Mitroff, 1981; Covey, 1989), y algunas técnicas de jerarquización numérica (Saaty, 1980; Roy, 1971; Brans & Mareschal, 2005) y evaluación financiera y económica propiamente dicha. Finalmente se genera el programa de trabajo y el presupuesto en los términos que establezca la organización en cuestión.



**Figura 51. Fase 1: Planeación del Programa. Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.5.1 Definición del problema: Investigación de demandas (programa)

Investigación de demandas (programa)	
Elemento del proceso	Descripción
Proceso anterior	No existe un proceso anterior
Entradas	Objetivos organizacionales Propuestas de proyectos (sistemas) Propuestas de proyectos (otros proyectos) Sistemas en desarrollo Sistemas en funcionamiento Proyectos en desarrollo Atribuciones y funciones del marco legal
Proveedores	Los proveedores son internos
Proceso	Proceso mediante el cual se determinan las principales necesidades y oportunidades organizacionales conforme a los objetivos y marco legal aplicable, así como los problemas principales por resolver
Técnicas y herramientas	Técnicas de elicitación para la especificación de requisitos y necesidades Diagramas Causa – Efecto Otras técnicas para el diagnóstico organizacional
Salidas	Necesidades organizacionales

	Problemas por resolver
Clientes	Interno
Proceso posterior	Definición de objetivos del programa
Periodo de ejecución	Anual (mayo – junio)
Tiempo de realización	4 semanas

La investigación de demandas constituye el proceso de inicio de todo el proceso de desarrollo de un sistema desde su concepción a partir de necesidades específicas demandadas por la gerencia, por el patrocinador del proyecto, derivado de los objetivos organizacionales, o bien como resultado de problemas concretos por resolver.

#### 4.5.2 Diseño del sistema de valía: Definición de objetivos (programa)

Definición de Objetivos (programa)	
<b>Proceso anterior</b>	Investigación de demandas (programa)
<b>Entradas</b>	Objetivos organizacionales Necesidades organizacionales Problemas por resolver Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Otras áreas con las que se tenga participación o influencia
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determinan los objetivos y las necesidades del área con respecto a los objetivos y necesidades organizacionales.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árbol de objetivos ZOPP TGN TKJ
<b>Salidas</b>	Objetivos del área Necesidades del área Problemas concretos por resolver Integración de objetivos y necesidades del área
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Generación de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.5.3 Diseño del sistema de valía: Establecimiento de Criterios (programa)

Establecimiento de Criterios (programa)	
<b>Proceso anterior</b>	Investigación de demandas (programa)
<b>Entradas</b>	Objetivos organizacionales Necesidades organizacionales Problemas por resolver Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Otras áreas con las que se tenga participación o influencia
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determinan los objetivos y las necesidades del área con respecto a los objetivos y necesidades organizacionales.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árbol de objetivos
<b>Salidas</b>	Criterios para la generación, evaluación y selección de alternativas
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Generación de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.5.4 Síntesis del Sistema: Generación de alternativas (programa)

Generación de alternativas	
<b>Proceso previo</b>	Definición de objetivos
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Necesidades del área Problemas concretos por resolver Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se generan alternativas de solución para cumplir con los objetivos organizacionales
<b>Técnicas y herramientas</b>	Análisis Morfológico TGN
<b>Salidas</b>	Propuestas de proyectos
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos

<b>Proceso posterior</b>	Estudios de prefactibilidad
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.5.5 Análisis de Sistemas: Estudios de prefactibilidad

<b>Estudios de prefactibilidad</b>	
<b>Proceso previo</b>	Generación de alternativas
<b>Entradas</b>	Propuestas de proyectos
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determina la factibilidad de los proyectos propuestos en una primera fase de prefactibilidad
<b>Técnicas y herramientas</b>	Análisis Costo – Beneficio Análisis Costo – Efectividad Matrices de Evaluación (Matriz sistémica de valoración) Matriz para tamizar ideas Costo Anual Equivalente
<b>Salidas</b>	Proyectos evaluados
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Jerarquización de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	3 semanas

Una de las contribuciones más útiles a la metodología de Ingeniería de Sistemas de Hall, tiene lugar en la fase de planeación con la implementación de matrices de interacción para la planeación del programa y el proyecto (Hill & Warfield, 1972), en donde es posible identificar de manera gráfica la relación entre elementos importantes de la planeación y de los sistemas a construir.

#### 4.5.6 Optimización: Jerarquización de alternativas

<b>Jerarquización de alternativas</b>	
<b>Proceso previo</b>	Estudio de prefactibilidad
<b>Entradas</b>	Proyectos evaluados
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos

<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se jerarquizan las alternativas evaluadas previamente
<b>Técnicas y herramientas</b>	AHP ELECTRE PROMETHEE TGN
<b>Salidas</b>	Proyectos jerarquizados
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Selección de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	1 semana

#### 4.5.7 Toma de decisiones: Selección de alternativas

<b>Selección de alternativas</b>	
<b>Proceso previo</b>	Jerarquización de alternativas
<b>Entradas</b>	Proyectos jerarquizados
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se seleccionan las alternativas propuestas y evaluadas previamente
<b>Técnicas y herramientas</b>	TGN RPP Matriz para valorar alternativas
<b>Salidas</b>	Proyectos seleccionados
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Programación y presupuestación
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.5.8 Planeación para la acción: Programación y presupuestación

<b>Programación y presupuestación</b>	
<b>Proceso previo</b>	Selección de alternativas
<b>Entradas</b>	Proyectos seleccionados

<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realiza la programación y la presupuestación del área técnica a cargo de los proyectos de software o de ingeniería de sistemas para el año siguiente.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Diagrama de Gantt CPM Estimación paramétrica de recursos, costos y cronograma Estimación análoga de recursos, costos y cronograma Juicio de expertos Presupuestación Basada en Resultados (PBR)
<b>Salidas</b>	Programación (Gantt) Presupuestación (Costos) Programa de Trabajo Anual (PTA)
<b>Clientes</b>	Área a cargo de gestionar el presupuesto institucional Área a cargo de desarrollar los proyectos seleccionados
<b>Proceso posterior</b>	Identificación de demandas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

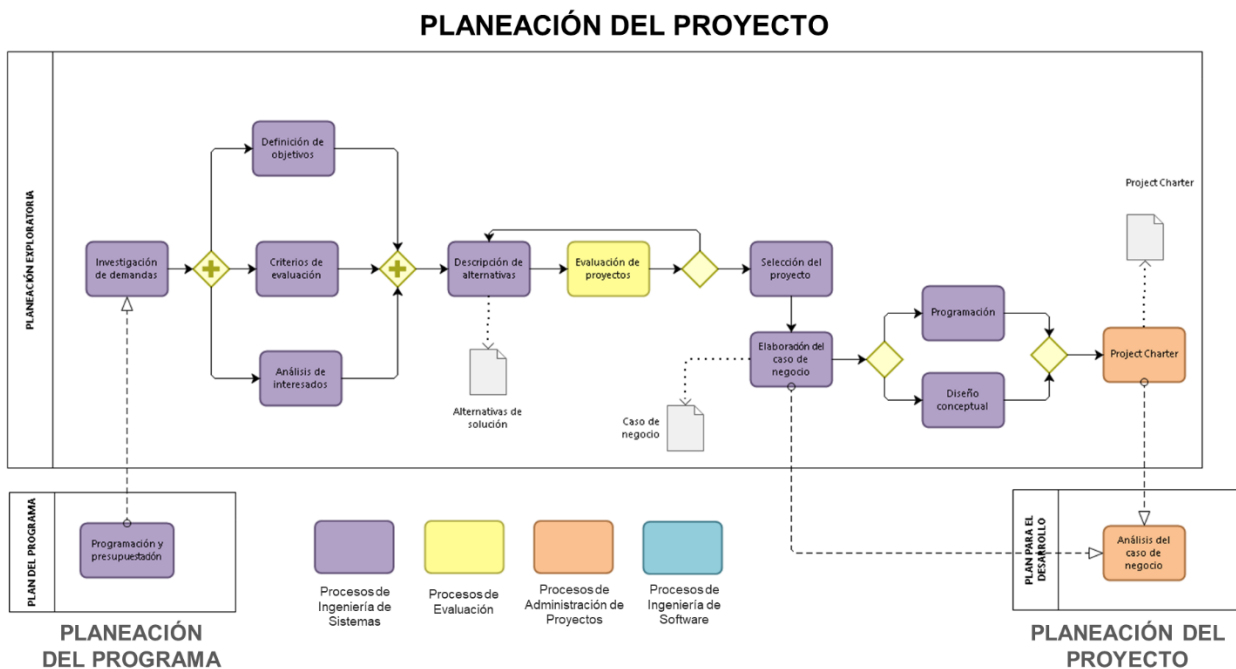


## 4.6 Fase 2: Planeación del Proyecto

### 4.6.1 Planeación Exploratoria

Una vez seleccionados los proyectos del portafolio, la atención se centra en un proyecto en particular el cual es abordado por la fase 2 del marco de trabajo propuesto.

Con respecto al desarrollo del sistema se consideran dos subfases. La primera subfase es denominada Planeación exploratoria. En esta sección, para el proyecto seleccionado se revisan las necesidades que dieron lugar a la propuesta con la finalidad de definir objetivos específicos que atenderá el proyecto, los criterios de evaluación de los objetivos y un análisis de interesados del proyecto. Con estos elementos es posible describir las alternativas o variantes del proyecto que pueden resolver el problema planteado. Enseguida se evalúa el proyecto formalmente y en caso de resultar favorable se selecciona la mejor alternativa. Con la información de la evaluación es posible elaborar el caso de negocio con el que será posible justificar la realización del proyecto y proceder con la calendarización y el diseño conceptual del sistema. Finalmente se otorga formalidad al proyecto con la elaboración de un Project Charter, se asignan recursos y también se asigna un líder de proyecto que en este caso será un Administrador de Proyectos.



**Figura 52. Fase 2: Planeación del Proyecto – Planeación Exploratoria.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.6.2 Definición del problema: Identificación de demandas (proyecto)

Identificación de demandas (proyecto)	
<b>Proceso anterior</b>	Programación y presupuestación
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determinan las principales necesidades y oportunidades del área conforme a los objetivos y marco legal aplicable
<b>Técnicas y herramientas</b>	Técnicas de elicitación de especificación de requisitos
<b>Salidas</b>	Necesidades del área
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Definición de objetivos (proyecto)
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

La investigación de demandas constituye el proceso de inicio de todo el proceso de desarrollo de un sistema desde su concepción a partir de necesidades específicas demandadas por la gerencia, por el patrocinador del proyecto o derivado de los objetivos organizacionales.

#### 4.6.3 Diseño del sistema de valía: Definición de objetivos (proyecto)

Definición de objetivos (proyecto)	
<b>Proceso anterior</b>	Identificación de demandas (proyecto)
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determinan las principales necesidades y oportunidades del área conforme a los objetivos y marco legal aplicable
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árboles de objetivos Jerarquización de objetivos
<b>Salidas</b>	Necesidades y objetivos del área
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción de alternativas (proyecto)

<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.4 Diseño del sistema de valía: Establecimiento de Criterios (proyecto)

<b>Establecimiento de criterios (proyecto)</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Identificación de demandas (proyecto)
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se establecen los criterios de evaluación para la evaluación y selección del proyecto en particular
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árboles de objetivos
<b>Salidas</b>	Criterios de evaluación para la selección del proyecto
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción de alternativas (proyecto)
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.5 Diseño del sistema de valía: Análisis de Interesados (proyecto)

<b>Definición de objetivos (proyecto)</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Identificación de demandas (proyecto)
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realiza un análisis de los interesados principales con la finalidad de impulsar el proyecto de manera adecuada.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matriz de impacto – influencia Matriz de poder - impacto
<b>Salidas</b>	Análisis y estrategias de gestión de los interesados
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos

<b>Proceso posterior</b>	Descripción de alternativas (proyecto)
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.6 Síntesis del Sistema: Descripción de alternativas (proyecto)

<b>Descripción de alternativas</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Definición de objetivos (proyecto)
<b>Entradas</b>	Objetivos del área Atribuciones y funciones del marco legal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se describen las alternativas de solución para un proyecto en particular
<b>Técnicas y herramientas</b>	Análisis Morfológico Matriz para tamizar ideas TGN Seis sombreros para pensar
<b>Salidas</b>	Propuestas de proyectos
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Evaluación de proyectos
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.7 Análisis de Sistemas: Evaluación de proyectos

<b>Evaluación de proyectos</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Descripción de alternativas
<b>Entradas</b>	Propuestas de proyectos
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se evalúa un proyecto en particular
<b>Técnicas y herramientas</b>	Estudios de mercado Estudios de factibilidad Análisis Costo – Efectividad Matrices de Evaluación

<b>Salidas</b>	Proyectos evaluados
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Evaluación de proyectos
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.8 Optimización: Jerarquización de alternativas

<b>Evaluación de proyectos</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Evaluación de proyectos
<b>Entradas</b>	Proyectos evaluados
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se jerarquizan las alternativas para llevar a cabo determinado proyecto
<b>Técnicas y herramientas</b>	Estudios de mercado Estudios de factibilidad Análisis Costo – Efectividad Matrices de Evaluación
<b>Salidas</b>	Necesidades y objetivos del área
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Alternativas jerarquizadas
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.9 Toma de decisiones: Selección del proyecto

<b>Selección del proyecto</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Evaluación de proyectos
<b>Entradas</b>	Alternativas jerarquizadas
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se selecciona la mejor alternativa para llevar a cabo determinado proyecto
<b>Técnicas y herramientas</b>	Estudios de mercado Estudios de factibilidad

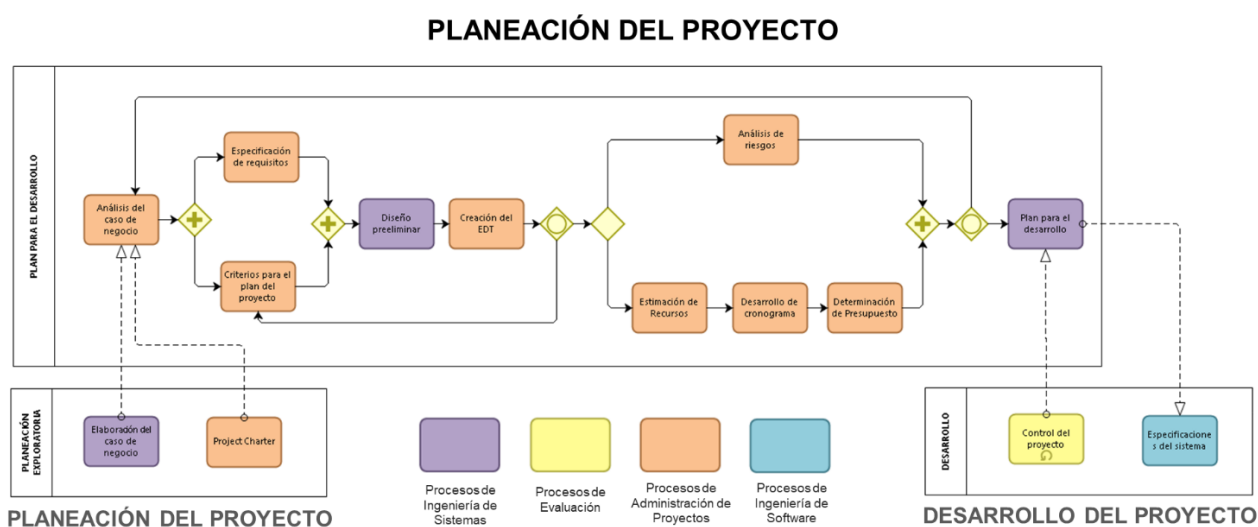
	Análisis Costo – Efectividad Matrices de Evaluación (Matriz sistémica de valoración)
<b>Salidas</b>	Proyecto seleccionado
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Elaboración del Business Case y Project Charter
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.10 Planeación para la acción: Elaboración del Business Case y Project Charter

<b>Elaboración del Business Case y Project Charter</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Selección del Proyecto
<b>Entradas</b>	Proyecto seleccionado
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se desarrolla el Business Case y el Project Charter
<b>Técnicas y herramientas</b>	Análisis Costo – Beneficio
<b>Salidas</b>	Business Case y Project Charter
<b>Clientes</b>	Área a cargo de desarrollar los proyectos seleccionados
<b>Proceso posterior</b>	Análisis del Caso de Negocio
<b>Periodo de ejecución</b>	Anual
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.6.11 Planeación para el Desarrollo

La segunda subfase de la planeación del proyecto se denomina planeación para el desarrollo. En esta sección se parte del análisis del caso de negocio para especificar requisitos y establecer los criterios para el plan del proyecto. Con estos elementos se realiza un diseño preliminar, se estiman los recursos, tanto de tiempo, alcance y de presupuesto que requiere el proyecto para su exitoso desarrollo conforme a los criterios definidos previamente en el plan del proyecto. Si los planes se encuentran alineados al diseño y a los objetivos, se procede con el desarrollo del cronograma, en caso de que se tengan dependencias importantes es necesario analizar nuevamente el caso de negocio para tomar la decisión correspondiente a un ajuste en el cronograma, en el alcance, en los recursos estimados o en el diseño. Finalmente se elabora el plan para el desarrollo.



**Figura 53. Fase 2: Planeación del Proyecto – Planeación para el Desarrollo.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.6.12 Definición del problema: Análisis del caso de negocio

Análisis del Caso de Negocio	
<b>Proceso anterior</b>	Elaboración del Business Case y Project Charter
<b>Entradas</b>	Business Case y Project Charter
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se analizan los requisitos, el Enunciado de Trabajo del Proyecto y/o el Business Case y el Project Charter con la finalidad de encontrar los principales requerimientos del nuevo sistema.

<b>Técnicas y herramientas</b>	Construcción por descomposición WBS
<b>Salidas</b>	Caso de Negocio analizado
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Especificación de requisitos
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	1 semana

#### 4.6.13 Diseño del sistema de valía: Especificación de requisitos

<b>Especificación de requisitos</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Análisis del Caso de Negocio
<b>Entradas</b>	Caso de Negocio analizado
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se especifican los requisitos, el Enunciado de Trabajo del Proyecto, el Business Case y el Project Charter
<b>Técnicas y herramientas</b>	Técnicas de especificación de requisitos MoSCoW CATWOE Matriz de interacción (requisitos)
<b>Estándares</b>	IEEE 820 para la especificación de requisitos
<b>Salidas</b>	Requisitos del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Diseño preliminar
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	2 - 3 semanas

#### 4.6.14 Análisis de Sistemas: Diseño preliminar

<b>Diseño preliminar</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Cronograma del proyecto
<b>Entradas</b>	Cronograma del proyecto
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos



<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realiza el diseño preliminar del sistema por desarrollar.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Esquemas conceptuales
<b>Estándar</b>	Unified Modeling Lenguaje UML Diagrama de Entidad Relación – DER Structured Query Lenguaje – SQL
<b>Salidas</b>	Diseño preliminar
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Diseño preliminar
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	2 - 3 semanas

#### 4.6.15 Toma de decisiones: Selección del diseño preliminar

<b>Selección del diseño preliminar</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Diseño preliminar
<b>Entradas</b>	Cronograma del proyecto Diseño preliminar
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual desarrolla el plan para el desarrollo del proyecto
<b>Técnicas y herramientas</b>	Reunión de planeación Reuniones
<b>Salidas</b>	Diseño seleccionado
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Estimación de Recursos
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	1 semana

#### 4.6.16 Optimización: Estimación de Recursos

<b>Estimación de Recursos</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Cronograma del proyecto

<b>Entradas</b>	Cronograma del proyecto
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se diseña el sistema de forma preliminar
<b>Técnicas y herramientas</b>	Esquemas conceptuales
<b>Estándares</b>	Unified Modeling Lenguaje UML Diagrama de Entidad Relación – DER Structured Query Lenguaje – SQL
<b>Salidas</b>	Diseño preliminar
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Cronograma del Proyecto
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	1 semana

#### 4.6.17 Síntesis del Sistema: Cronograma del proyecto

<b>Cronograma del proyecto</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Especificación de requisitos
<b>Entradas</b>	Requisitos del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual desarrolla el cronograma del proyecto
<b>Técnicas y herramientas</b>	Diagrama de Gantt Secuenciación de actividades CPM PERT/GERT
<b>Salidas</b>	Cronograma del proyecto Diagrama de red
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Planeación para el Desarrollo
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	1 semana

Debido a la alta varianza en la estimación de tiempos para proyectos de software, puede ser recomendable utilizar la técnica GERT (Pritsker, 1966) que es una técnica semejante a PERT,

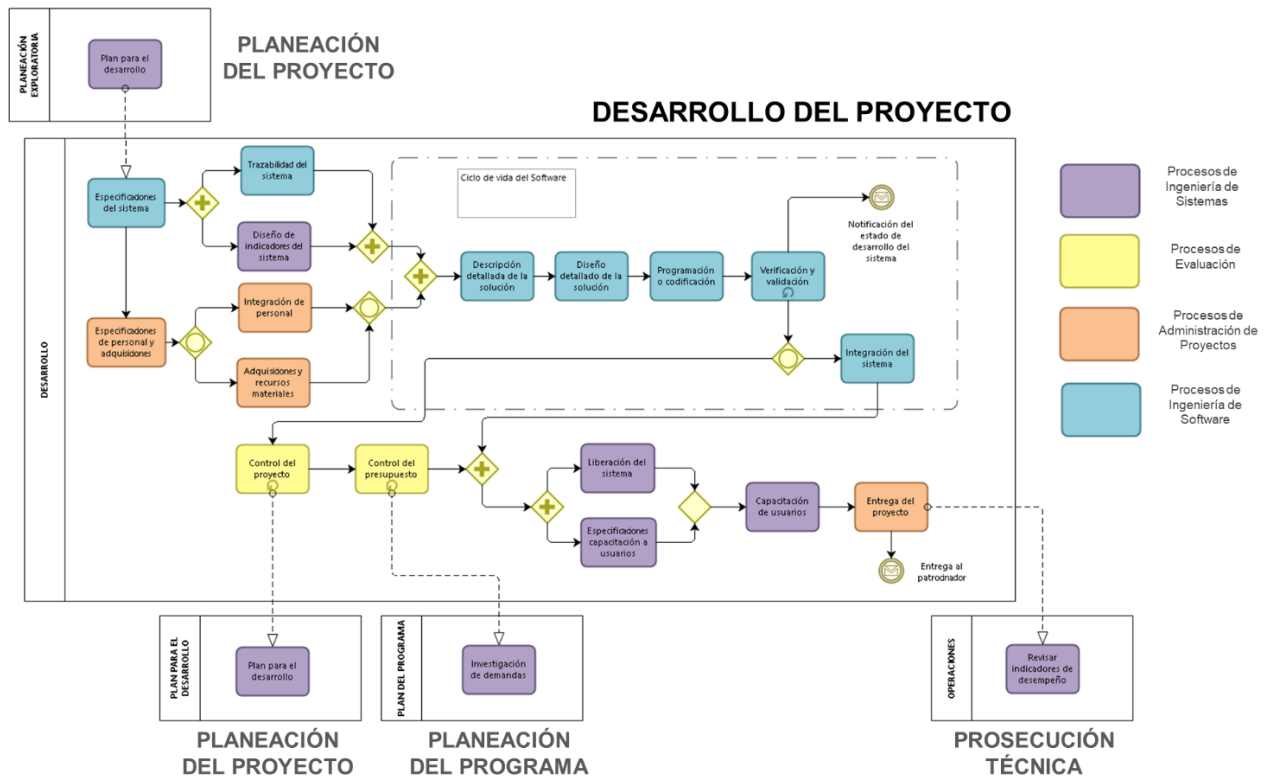
pero que permite de forma gráfica entender las relaciones no determinísticas entre las actividades por realizar.

#### 4.6.18 Planeación para la acción: Planeación para el Desarrollo

<b>Planeación para el desarrollo</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Selección del diseño preliminar Cronograma del Proyecto
<b>Entradas</b>	Diseño preliminar seleccionado Cronograma del proyecto
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual desarrolla el plan para el desarrollo del proyecto
<b>Técnicas y herramientas</b>	Estimación ascendente Estimación paramétrica Estimación analógica
<b>Salidas</b>	Plan para el desarrollo del proyecto
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Especificaciones del sistema
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 - 6 semanas

## 4.7 Fase 3: Desarrollo del Sistema

La tercera fase se denomina desarrollo del sistema y comienza con las especificaciones del sistema para determinar su trazabilidad y diseñar los indicadores del sistema. A su vez se especifican las características del personal y de las adquisiciones con la finalidad de integrar al personal y adquirir los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Una vez que se cuenta con el equipo de trabajo y las especificaciones del sistema, se procede a realizar una descripción detallada de la solución, el diseño detallado, la programación – codificación en caso del software – implementación, y con la verificación y validación a fin de integrar los elementos del sistema de forma exitosa y validar que los entregables cumplan con los criterios de aceptación. En todo momento del ciclo de vida del desarrollo del software se monitorea y controla el proyecto. Esta fase culmina con la entrega del sistema funcionando y su aceptación formal.



**Figura 54. Fase 3: Desarrollo del Sistema. Fuente: Elaboración propia.**

Para el desarrollo del proyecto, se consideran procesos de administración de proyectos para la organización y gestión de recursos. En esta fase se trabaja en la construcción del sistema de ingeniería, en donde específicamente se incluyen los procesos para la ingeniería de

software, los cuales pueden tener internamente un ciclo de vida particular, sea predictivo, evolutivo, etc.

Dentro de esta fase es posible y deseable emplear mecanismos diversos para el adecuado desarrollo del proyecto desde el punto de vista técnico, en donde el líder técnico puede emplear métodos, conceptos y soporte ágil para formación de equipos, resolución de problemas, y en general gestionar cambios a nivel interno sobre alcance o especificaciones. El líder técnico puede emplear el ciclo de desarrollo que más le convenga, es decir, trabajar con un modelo de procesos iterativo, incremental o una mezcla de ambos, esta decisión debe tomarse en conjunto con el equipo e informar al Administrador del Proyecto.

#### 4.7.1 Definición del problema: Especificaciones del sistema

Especificaciones del sistema	
<b>Proceso anterior</b>	Planeación para el desarrollo
<b>Entradas</b>	Plan para el desarrollo del proyecto Diseño preliminar seleccionado
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual desarrollan las especificaciones o requisitos del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	CATWOE MoSCoW Entrevistas
<b>Estándares</b>	Unified Modeling Lenguaje UML IEEE 820 para la especificación de requisitos
<b>Salidas</b>	Requisitos del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Trazabilidad del sistema Diseño de indicadores del sistema Especificaciones de personal y adquisiciones
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.7.2 Definición del problema: Especificaciones de personal y adquisiciones

Especificaciones de personal y adquisiciones	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones del sistema
<b>Entradas</b>	Plan para el desarrollo del proyecto

	Diseño preliminar seleccionado
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realizan las especificaciones del personal necesario para desarrollar el proyecto, así como las adquisiciones necesarias para llevarlo a cabo.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Descripción de puestos y perfiles Organigrama RFP (Request for Proposal)
<b>Salidas</b>	Descripción de puestos y perfiles necesarios para el proyecto RFP
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Integración de personal Adquisiciones y recursos materiales
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas

#### 4.7.3 Definición del problema: Especificaciones para la configuración y capacitación de usuarios

Especificaciones para la configuración y capacitación de usuarios	
<b>Proceso anterior</b>	Integración del sistema
<b>Entradas</b>	Requisitos del sistema Especificación de equipos de usuarios
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realizan las especificaciones de configuración del sistema y la capacitación de los usuarios
<b>Técnicas y herramientas</b>	Diseño de manuales y guías de usuario
<b>Salidas</b>	Manuales y guías de usuario Parámetros de configuración
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Integración de personal Adquisiciones y recursos materiales
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto

<b>Tiempo de realización</b>	2 semanas
------------------------------	-----------

#### 4.7.4 Diseño del sistema de valía: Trazabilidad del sistema

<b>Trazabilidad del sistema</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones del sistema
<b>Entradas</b>	Requisitos del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determina la trazabilidad del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matriz de trazabilidad Matriz de interacción (Systems Engineering)
<b>Salidas</b>	Matriz de trazabilidad de requisitos
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.7.5 Diseño del sistema de valía: Diseño de los indicadores del sistema

<b>Diseño de los indicadores del sistema</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones del sistema
<b>Entradas</b>	Requisitos del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determina la trazabilidad del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matriz de trazabilidad Matriz de interacción (Systems Engineering)
<b>Estándares</b>	Unified Modeling Lenguaje UML
<b>Salidas</b>	Indicadores del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.7.6 Síntesis del sistema: Descripción detallada de la solución

Descripción detallada de la solución	
<b>Proceso anterior</b>	Trazabilidad del sistema Diseño de Indicadores del Sistema Integración de personal Adquisiciones y recursos materiales
<b>Entradas</b>	Requisitos del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se determina la trazabilidad del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	Esquemas conceptuales
<b>Estándares</b>	Unified Modeling Language UML Systems Modeling Language sysML
<b>Salidas</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.7.7 Análisis del sistema: Diseño detallado de la solución

Diseño detallado de la solución	
<b>Proceso anterior</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Entradas</b>	Descripción detallada de la solución
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realiza el diseño detallado del sistema o solución
<b>Técnicas y herramientas</b>	Esquemas conceptuales GERT Descripción de Algoritmos Diagramas de Flujo de Datos DFD
<b>Estándares</b>	Unified Modeling Language UML Systems Modeling Language sysML Diagrama de Entidad Relación DER Structured Query Language SQL



	ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and Software Engineering— Architecture Description
<b>Salidas</b>	Diseño detallado de la solución Diseño de la arquitectura del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Programación o codificación
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	4 semanas

#### 4.7.8 Optimización: Integración de personal

Integración de personal	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones de personal y adquisiciones
<b>Entradas</b>	Especificaciones de personal
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se integra el equipo de trabajo
<b>Técnicas y herramientas</b>	Técnicas de Integración de equipos Matrices de roles y responsabilidades
<b>Salidas</b>	Equipo formado Descripción de roles y responsabilidades
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Verificación y validación
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.9 Optimización: Adquisiciones y recursos materiales

Adquisiciones y recursos materiales	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones de personal y adquisiciones
<b>Entradas</b>	RFP Especificaciones de adquisiciones
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son externos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realizan las adquisiciones con los proveedores

<b>Técnicas y herramientas</b>	Contratos
<b>Salidas</b>	Contratos Acuerdos Adquisiciones Recursos materiales
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Diseño detallado de la solución
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.10 Optimización: Programación o codificación

<b>Programación o codificación</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Diseño detallado de la solución
<b>Entradas</b>	Diseño detallado de la solución Diseño de la arquitectura del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se codifica el sistema mediante los lenguajes de programación y sistemas de gestión de bases de datos, y en su caso otras tecnologías afines.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Entornos de Desarrollo Integrado (IDEs) Editores de código Programación en pares
<b>Estándares</b>	ISO/IEC TR 24772: 2013
<b>Salidas</b>	Scripts con código (programas) Bases de datos (datos, datos de prueba)
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Verificación y validación
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.11 Optimización: Integración y configuración del sistema

Integración y configuración del sistema	
<b>Proceso anterior</b>	Verificación y validación
<b>Entradas</b>	Resultados de las pruebas
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se integra el sistema para su configuración, funcionamiento y uso final
<b>Técnicas y herramientas</b>	Pruebas de integración
<b>Estándares</b>	<p>ISO/IEC/IEEE 29119 pruebas</p> <p>IEEE 729 para verificación y validación de software</p> <p>ISO/IEC/IEEE 29148:2011 Systems and Software Engineering—Life Cycle Processes—Requirements Engineering</p> <p>ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and Software Engineering—Architecture Description</p> <p>ISO/IEC TR 24772:2013 Information Technology— Programming Languages—Guidance to Avoiding Vulnerabilities in Programming Languages through Language Selection and Use</p> <p>IEEE Std. 829-2008 Standard for Software and System Test Documentation</p> <p>IEEE Std. 14764-2006 (ISO/IEC 14764:2006) Standard for Software Engineering—Software Life Cycle Processes—Maintenance</p>
<b>Salidas</b>	<p>Plan de pruebas de integración</p> <p>Resultados de las pruebas</p>
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Establecer indicadores de desempeño del sistema
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.12 Optimización: Capacitación de usuarios

Capacitación de usuarios	
<b>Proceso anterior</b>	Liberación del Sistema Especificaciones de Configuración y Capacitación de usuarios
<b>Entradas</b>	Especificaciones de Capacitación de Usuarios Manuales Técnicos Documentación Técnica Guías de Usuario Sistema Liberado
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se capacitan a los usuarios
<b>Técnicas y herramientas</b>	Pruebas de Usuario
<b>Estándares</b>	IEEE Std. 829-2008 Standard for Software and System Test Documentation  IEEE Std. 14764-2006 (ISO/IEC 14764:2006) Standard for Software Engineering—Software Life Cycle Processes—Maintenance
<b>Salidas</b>	Entrega del proyecto
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Establecer indicadores de desempeño del sistema
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.13 Toma de decisiones: Verificación y validación

Verificación y validación	
<b>Proceso anterior</b>	Programación o codificación
<b>Entradas</b>	Scripts con código (programas) Bases de datos (datos, datos de prueba) Matriz de trazabilidad
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se verifica y valida la funcionalidad de los scripts codificados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración del plan de pruebas</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización de las pruebas</li> </ul>
<b>Técnicas y herramientas</b>	Software para pruebas de software
<b>Estándares</b>	ISO/IEC/IEEE 29119 pruebas IEEE 729 para verificación y validación de software
<b>Salidas</b>	Plan de pruebas Resultados de las pruebas
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Integración del sistema Control del proyecto Control del presupuesto
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.14 Toma de decisiones: Control del Proyecto

<b>Control del Proyecto</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Programación o codificación
<b>Entradas</b>	Scripts con código (programas) Bases de datos (datos, datos de prueba) Matriz de trazabilidad Datos de desempeño del proyecto
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se verifica el avance del proyecto dentro de la línea base establecida para los criterios indicados de alcance, tiempo y costo.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Software para pruebas control de Proyectos Diagrama de Gantt Valor Ganado (EV) VP (Value Planned) AC (Actual Cost) Indicadores de Desempeño <ul style="list-style-type: none"> <li>SV (Schedule Variance)</li> <li>SPI (Schedule Performance Index)</li> <li>CV (Cost Variance)</li> <li>CPI (Cost Performance Index)</li> </ul>

	Proceso de Control de Cambios
<b>Estándares</b>	PMBok ISO 21 500
<b>Salidas</b>	Estado del proyecto Información de desempeño del proyecto
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Control del Presupuesto
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.15 Toma de decisiones: Control del Presupuesto (programa)

<b>Control del Presupuesto</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Control del Proyecto
<b>Entradas</b>	Información de desempeño del proyecto
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se evalúa el desempeño del programa en términos de presupuesto principalmente a partir del desempeño de los proyectos
<b>Técnicas y herramientas</b>	Control Presupuestal Gestión de OPEX y CAPEX
<b>Salidas</b>	Estado del programa Estado del presupuesto del programa
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Liberación del Sistema Especificaciones de capacitación a usuarios
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.16 Planeación para la acción: Liberación del sistema

<b>Liberación del sistema</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Control del Presupuesto Integración del Sistema

<b>Entradas</b>	Sistema Configurado Guías de usuarios
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se libera el sistema para su funcionamiento y uso final
<b>Técnicas y herramientas</b>	Técnicas para el despliegue técnico o puesta en producción
<b>Estándares</b>	ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and Software Engineering— Architecture Description  IEEE Std. 829-2008 Standard for Software and System Test Documentation  IEEE Std. 14764-2006 (ISO/IEC 14764:2006) Standard for Software Engineering—Software Life Cycle Processes— Maintenance
<b>Salidas</b>	Sistema en funcionamiento
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Capacitación a usuarios
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.7.17 Planeación para la acción: Entrega del sistema

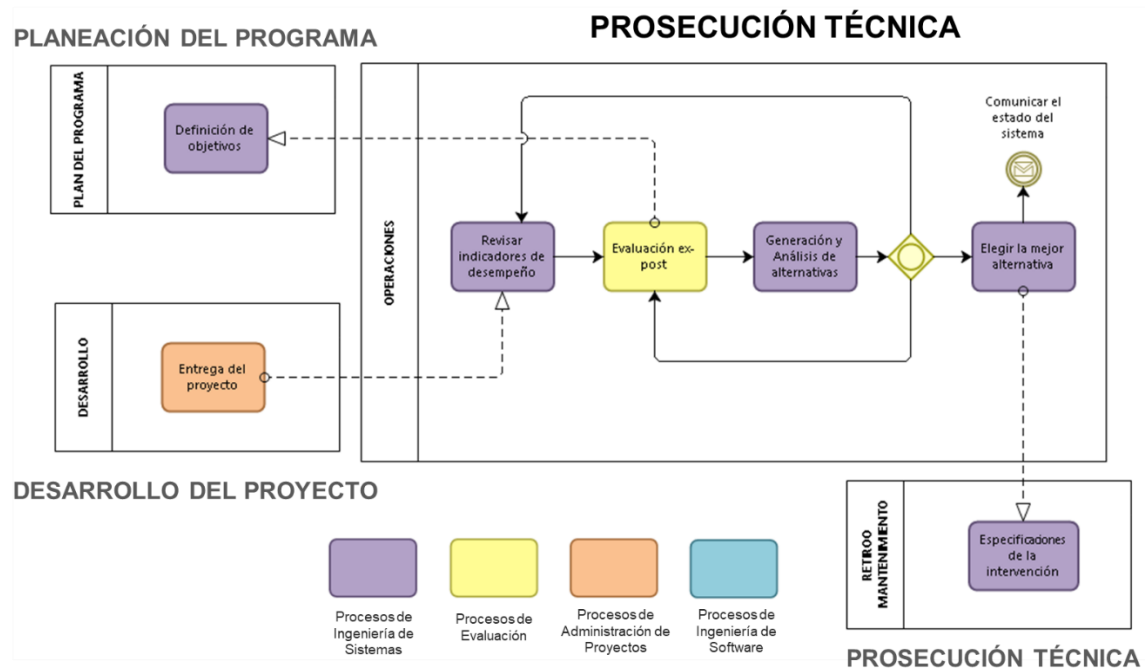
<b>Entrega del sistema</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Capacitación de Usuarios Verificación y validación Integración del Sistema Liberación del Sistema
<b>Entradas</b>	Sistema funcional Entregables técnicos, documentación técnica y guías de usuario Usuarios Capacitados
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realiza la entrega formal del proyecto o sistema

<b>Técnicas y herramientas</b>	Pruebas de integración
<b>Salidas</b>	Proyecto aprobado y entregado Documento de aceptación formal y terminación del proyecto
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Revisar Indicadores de Desempeño del Sistema
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	1 día



## 4.8 Fase 4: Prosecución técnica

Una vez en funcionamiento, se realiza la fase 4 del marco de trabajo propuesto en la subfase de operación, la cual comienza con el establecimiento y/o actualización de indicadores de desempeño del sistema, para proceder con la evaluación ex post, analizar alternativas y elegir la mejor opción de intervención en caso de ser necesaria.



**Figura 55. Fase 4: Prosecución Técnica – Operaciones. Fuente: Elaboración propia.**

### 4.8.1 Definición del problema: Revisar indicadores de desempeño

Revisar indicadores de desempeño	
<b>Proceso anterior</b>	Entrega del Sistema
<b>Entradas</b>	Datos de funcionamiento del sistema Cambios en los objetivos a los que contribuye el sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se establecen las métricas y los indicadores de desempeño del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	Diseño de métricas e indicadores
<b>Estándares</b>	ITIL
<b>Salidas</b>	Indicadores y métricas de desempeño del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Evaluación ExPost

<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario evaluar nuevamente el desempeño del sistema ante nuevos objetivos o ante cambios en su desempeño
<b>Tiempo de realización</b>	2-3 días

#### 4.8.2 Diseño del sistema de valía: Evaluación ExPost

<b>Evaluación ExPost</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Establecer indicadores de desempeño
<b>Entradas</b>	Indicadores y métricas de desempeño del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se evalúa el desempeño del sistema de manera posterior y durante su funcionamiento, así como la contribución a los objetivos para los que fue desarrollado.
<b>Técnicas y herramientas</b>	Técnicas de evaluación expost
<b>Estándares</b>	Estándares de evaluación ITIL
<b>Salidas</b>	Resultados de la evaluación del sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario evaluar nuevamente el desempeño del sistema ante nuevos objetivos o ante cambios en su desempeño
<b>Tiempo de realización</b>	3-5 días

#### 4.8.3 Síntesis del sistema: Descripción de alternativas

<b>Descripción de alternativas</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Evaluación Expost
<b>Entradas</b>	Resultados de la evaluación del sistema
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se generan y describen las alternativas de intervención
<b>Técnicas y herramientas</b>	TKJ TGN

<b>Salidas</b>	Listado de alternativas de prosecución técnica
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Análisis de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario evaluar nuevamente el desempeño del sistema ante nuevos objetivos
<b>Tiempo de realización</b>	2-3 días

#### 4.8.4 Análisis del sistema: Análisis de alternativas

<b>Análisis de alternativas</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Descripción de alternativas
<b>Entradas</b>	Listado de alternativas de prosecución técnica
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se analizan alternativas de prosecución técnica
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matrices de valoración sistémica
<b>Salidas</b>	Detalle de las alternativas de prosecución técnica
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Ajuste de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario evaluar nuevamente el desempeño del sistema ante nuevos objetivos
<b>Tiempo de realización</b>	2-3 días

#### 4.8.5 Optimización: Ajuste de Alternativas

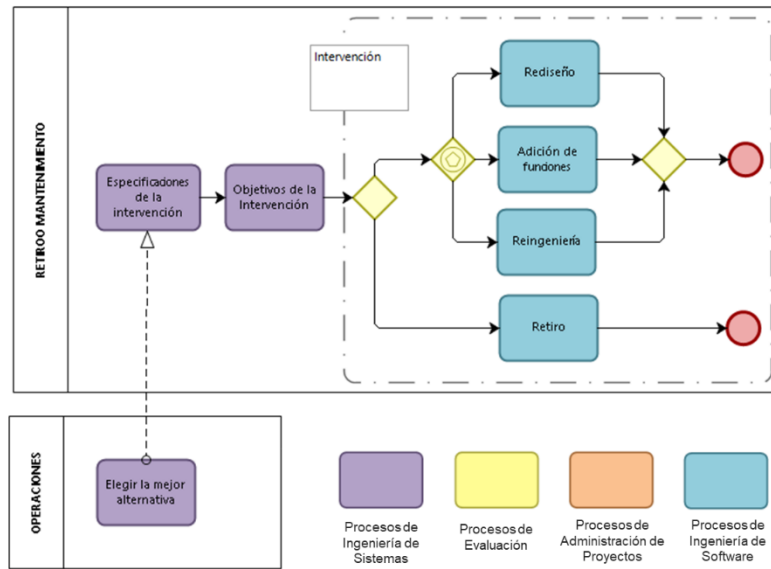
<b>Ajuste de Alternativas</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Análisis de alternativas
<b>Entradas</b>	Detalle de las alternativas de prosecución técnica
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se analizan las propuestas de prosecución técnica
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matrices de valoración sistémica AHP
<b>Salidas</b>	Propuestas analizadas
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos

<b>Proceso posterior</b>	Elegir la mejor alternativa de Prosecución
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario evaluar nuevamente el desempeño del sistema ante nuevos objetivos
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.8.6 Toma de decisiones: Elegir la mejor alternativa de Prosecución

<b>Elegir la mejor alternativa de Prosecución</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Ajuste de alternativas
<b>Entradas</b>	Propuestas analizadas
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se selecciona la mejor alternativa de prosecución técnica
<b>Técnicas y herramientas</b>	Matrices de valoración sistémica
<b>Salidas</b>	Propuesta seleccionada
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Especificaciones de la intervención
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto o por evento, cuando sea necesario realizar algún ajuste o cambio al sistema
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

## PROSECUCIÓN TÉCNICA



**Figura 56. Fase 4: Prosecución Técnica – Retiro (mantenimiento).**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Como segunda parte de la prosecución técnica se realiza la subfase de retiro, en donde se describen las especificaciones de la intervención y se elige alguna de las opciones más comunes: rediseño, adición de funciones, reingeniería, retiro o bien, ninguna en caso de que el sistema funcione adecuadamente y aún contribuya con los objetivos para los que fue desarrollado.

### 4.8.7 Definición del problema: Especificaciones de la intervención

Especificaciones de la intervención	
<b>Proceso anterior</b>	Elegir la mejor alternativa de Prosecución
<b>Entradas</b>	Propuesta seleccionada
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se realizan las especificaciones técnicas y de alcance para la intervención del sistema
<b>Técnicas y herramientas</b>	N/A
<b>Salidas</b>	Especificaciones de la intervención
<b>Cientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Objetivos de la intervención
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto

<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto
------------------------------	---------------------------------

#### 4.8.8 Diseño del sistema de valía: Objetivos de la intervención

<b>Objetivos de la intervención</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Especificaciones de la Intervención
<b>Entradas</b>	Especificaciones de la Intervención
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se establecen los objetivos de la intervención
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árbol de objetivos
<b>Salidas</b>	Objetivos de la intervención
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Descripción de Alternativas de intervención
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.8.9 Síntesis del sistema: Descripción de Alternativas e intervención

<b>Alternativas e intervención</b>	
<b>Proceso anterior</b>	Objetivos de la intervención
<b>Entradas</b>	Objetivos de la intervención
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se generar y describen las alternativas de intervención
<b>Técnicas y herramientas</b>	Análisis Morfológico
<b>Salidas</b>	Listado de alternativas de intervención
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Análisis de alternativas de intervención
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.8.10 Análisis del sistema: Análisis de alternativas de intervención

Análisis de alternativas	
<b>Proceso anterior</b>	Objetivos de la Intervención
<b>Entradas</b>	Listado de alternativas de intervención
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso por el cual se analizan las alternativas de intervención
<b>Técnicas y herramientas</b>	Árboles
<b>Salidas</b>	Alternativas analizadas
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Análisis de alternativas
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.8.11 Toma de decisiones: Elegir la mejor alternativa

Elegir la mejor alternativa	
<b>Proceso anterior</b>	Análisis de alternativas
<b>Entradas</b>	Alternativas Analizadas
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se selecciona la mejor alternativa de solución dentro del esquema de intervención seleccionado previamente.
<b>Técnicas y herramientas</b>	AHP
<b>Salidas</b>	Alternativa de Intervención seleccionada
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	Realizar la intervención
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

#### 4.8.12 Planeación para la acción: Realizar la intervención

Realizar la Intervención	
<b>Proceso anterior</b>	Elegir la mejor alternativa
<b>Entradas</b>	Alternativa de Intervención seleccionada Objetivos de la Intervención Especificaciones de la Intervención
<b>Proveedores</b>	Los proveedores son internos
<b>Proceso</b>	Proceso mediante el cual se lleva a cabo la intervención elegida como parte de la prosecución técnica del sistema.
<b>Técnicas y herramientas</b>	BPR (Reingeniería de Procesos de Negocio) Reingeniería de Sistemas BPM (Gestión por procesos)
<b>Salidas</b>	Sistema mejorado Sistema reemplazado Retiro del Sistema Políticas de Operación del Sistema
<b>Clientes</b>	Los clientes son internos
<b>Proceso posterior</b>	N/A
<b>Periodo de ejecución</b>	Por proyecto
<b>Tiempo de realización</b>	Depende del tamaño del proyecto

### 4.9 Conclusiones

La Metodología de Ingeniería de Sistemas propuesta por Hall (1962, 1989), permite integrar los elementos y procesos propios de la Ingeniería de Software y Administración de Proyectos obteniendo un marco de trabajo para el desarrollo de proyectos de software, pues cubre los aspectos técnicos y de gestión necesarios para una planeación total de los proyectos de ingeniería con especial aplicación en la Administración Pública en México.

La integración de los procesos resultó relativamente sencilla de realizar debido a que el marco metodológico de Ingeniería de sistemas sirve como puente para la gestión y la especialidad técnica. No fue necesario modificar las fases de ninguna metodología, sin embargo, no se incluyeron al mismo nivel de detalle todos los procesos de las metodologías y estándares empleados.

El número de procesos obtenidos es ligeramente superior a los que contienen los marcos de trabajo y estándares habituales de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y



administración de Proyectos por separado. La razón por la que parecieron incorporarse sin mayor problema es que existe la necesidad natural de cubrir todos los aspectos de un proyecto, tanto técnicos como de gestión.

## 5 Caso de Aplicación

Un estudio de caso es un método de investigación para la evaluación de carácter cualitativo que permite conocer mejor un fenómeno (Lincoln & Guba, 1982; Stake, 1978) o un sistema. Este método permite identificar el comportamiento del sistema bajo estudio de forma cualitativa y extensiva para aprender de este y responder algunas preguntas (Stufflebeam, 2000) de cómo y por qué sucede determinada situación (Yin, 1992). De forma análoga un caso de aplicación permite estudiar un fenómeno o sistema de forma cualitativa pero no necesariamente extensiva, por lo que es posible que este sea estudiado de manera parcial o bien de manera asíncrona.

La formulación de mejores procesos de Ingeniería de Sistemas y su puesta a prueba mediante la realización de proyectos reales es una de las principales acciones para evolucionar en el campo de la Ingeniería de Sistemas (Hall, 1966), de manera que este trabajo pretende contribuir bajo este esquema en el campo de los sistemas duros.

Para el presente trabajo consistente en la construcción del cuerpo de conocimiento basado en procesos que permite la planeación y administración de proyectos en la administración pública es utilizado para un caso de aplicación con la finalidad de observar cómo se comportan estos procesos aplicados en un caso real y responder a los supuestos planteados con anterioridad.

El presente caso de aplicación corresponde a la fase 1 y 2 de la Metodología desarrollada, correspondiente a la planeación de programas y de proyectos de Planeación en la Administración de Proyectos, para el proyecto particular del desarrollo del Sistema para la Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos (SEPEV), el cual se considera para integrar el Plan de Trabajo Anual de la Dirección de Procesamiento de la Información para el año 2019, así como con el Programa de Mediano Plazo del INEE 2015-2019.

### 5.1 Fase 1: Planeación del Programa

Como parte de la planeación del programa para la Dirección de Procesamiento de la Información del INEE para el año 2019, es necesario alinear los proyectos existentes y los proyectos propuestos con los objetivos organizacionales y del área con el objeto de realizar la programación y presupuestación anual en los términos requeridos por las áreas encargadas de la gestión de presupuestos.

#### **Proceso 1:** Investigación de demandas

##### **Paso 1.1:** Objetivos organizacionales

Se identificaron cuatro objetivos organizacionales del INEE dentro del marco legal con atribuciones y obligaciones en las leyes mexicanas, considerando especialmente el Estatuto Orgánico de INEE y el Manual de Organización.

Objetivo Organizacional	Descripción
OO1	Establecer los propósitos, las orientaciones generales de política y las acciones que deberán atender, en el ámbito de la evaluación, todos los actores del SNEE para fortalecer el papel del Estado como garante del derecho a una educación de calidad para todos.
OO2	Articular los proyectos de evaluación que impulsen el INEE y las autoridades educativas, así como las estrategias y acciones de difusión de resultados, junto con su uso para la mejora educativa, que se deriven de los mismos en el marco de coordinación institucional que establece el SNEE.
OO3	Desarrollar propuestas coordinadas de evaluación que incidan en la mejora de los procesos educativos, el funcionamiento escolar y los resultados de aprendizaje de los alumnos de educación obligatoria.
OO4	Apoyar el diseño de la política educativa con base en la información aportada por las evaluaciones, la emisión de directrices de mejora que se deriven de éstas y la realimentación permanente sobre el cumplimiento de las metas sobre la calidad y equidad del SEN.

**Tabla 12. Objetivos organizacionales del INEE. Fuente: Elaboración propia.**

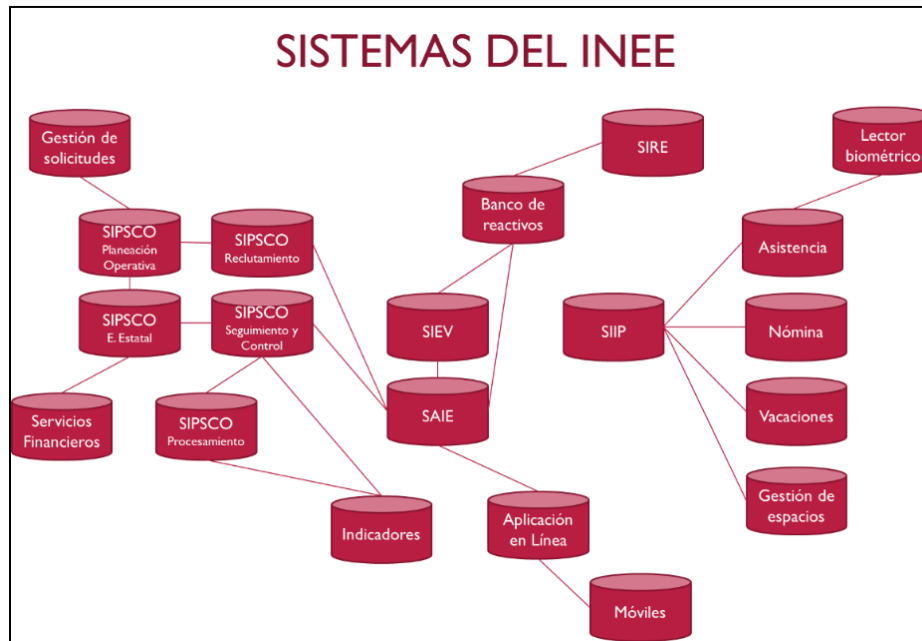
**Paso 1.2:** Estatus de Sistemas

La sección de sistemas resulta de especial interés para la ingeniería de sistemas, por lo que se considera que los sistemas de software o proyecto similares deben evaluarse con criterios propios, por lo que es conveniente realizar una jerarquización mediante alguna técnica que permita obtener una jerarquización numérica como apoyo a la toma de decisiones en cuanto a la selección del proyecto.

Nombre del Sistema	Área responsable	Tipo de proceso	Uso	Acceso	Estado del sistema
Sistema de Planeación Seguimiento y Control Operativo SIPSCO	DGLPD	Clave	Reclutamiento de personal para las aplicaciones de las pruebas de evaluación	Aplicadores	Parcialmente en funcionamiento  En desarrollo

Nombre del Sistema	Área responsable	Tipo de proceso	Uso	Acceso	Estado del sistema
Sistema de Aplicación de Instrumentos de Evaluación SAIE	DGLPD	Clave	Aplicación digital de las pruebas de evaluación	Aplicadores, evaluadores	Propuesta de diseño
Sistema del Banco de Reactivos	DGMTD	Clave	Registro y gestión de reactivos de pruebas educativas	DGMTD y Direcciones de Evaluación	En funcionamiento
Sistema Integral de Resultados Educativos SIRE	DGSIRE	Clave	Muestra de resultados de las aplicaciones de pruebas educativas	Público en general	En funcionamiento
Sistema Integral SIIP	DGIST	Soporte	Gestión del personal	Empleados (intranet)	En funcionamiento
Sistema de servicios financieros SFF	DGPEO	Soporte	Generación de oficios de comisión y viáticos	Empleados del área de viáticos	En funcionamiento
Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones SEPEV	DGLPD	Clave	Evaluación de las pruebas registradas en video	Empleados del área de pruebas educativas: evaluadores	Propuesta de diseño

**Tabla 13. Sistemas del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.  
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 57. Sistemas del INEE- 2018. Fuente: Elaboración propia.**

**Paso 1.3:** Atribuciones y funciones del marco legal aplicable

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículo 3, fracción IX)
- Ley del INEE
- Ley General de Educación (Sección 4. Artículos 29-31)
- Estatuto Orgánico del INEE
- Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos

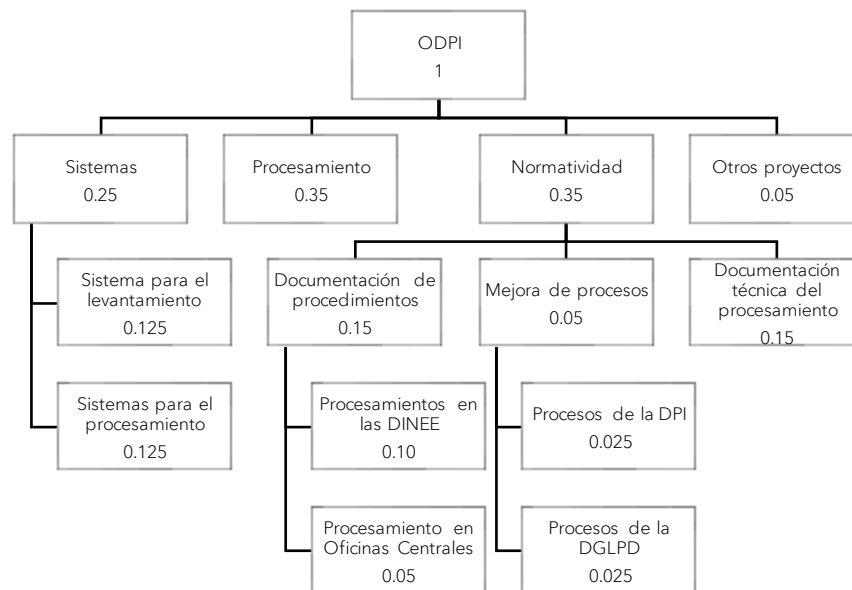
**Proceso 2:** Definición de objetivos

Se identificaron cuatro objetivos normativos del área DPI en el INEE, los cuales son la razón de ser del área. Para cubrir estos objetivos se elaboró un árbol de objetivos para el año 2019 que involucra cuatro objetivos genéricos principales relacionados con el desarrollo de sistemas, el procesamiento, la elaboración de normatividad del procesamiento, y otros proyectos.

Objetivo del área	Descripción
<b>ODPI1</b>	Realizar el procesamiento de datos de los levantamientos de las pruebas educativas
<b>ODPI2</b>	Emitir la normatividad y los lineamientos técnicos correspondientes al procesamiento de datos y manejo de bases de datos del procesamiento

Objetivo del área	Descripción
<b>ODPI3</b>	Desarrollar los sistemas y herramientas tecnológicas para el Levantamiento y el Procesamiento de Datos
<b>ODPI4</b>	Apoyar en otras labores de difusión

**Tabla 14. Objetivos de la Dirección de Procesamiento de la Información DPI 2019.**  
**Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 58. Árbol de objetivos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

Como parte de la interpretación de las interacciones entre objetivos organizacionales y objetivos del área en cuestión podemos decir que efectivamente los objetivos del área de la DPI contribuyen de manera importante con 3 de los 4 objetivos organizacionales planteados.

### **Proceso 3:** Establecimiento de criterios

Se establecieron cinco criterios para el proyecto, de los cuales dos se asocian a costos y presupuesto, uno al tiempo de entrega, uno al alcance general del proyecto y uno a la calidad del producto final. Estos criterios son de aplicación general a los proyectos que integran el programa independientemente del tipo de proyecto que se realice, con excepción del criterio de calidad que se asocia directamente con el funcionamiento de los sistemas.

<b>Criterios para la selección de Proyectos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción del Criterio del Proyecto</b>
<b>CP1</b>	Costo – Presupuesto	El proyecto no deberá exceder el costo presupuestado
<b>CP2</b>	Costo - Presupuesto	El proyecto no deberá tener desembolsos mensuales que excedan el 20% de los desembolsos planeados
<b>CP3</b>	Tiempo	Deberá entregarse a más tardar en la fecha límite indicada
<b>CP4</b>	Alcance	El sistema deberá implementar la totalidad de las funcionalidades indicadas en la recopilación y definición de requisitos
<b>CP5</b>	Calidad	El sistema deberá cumplir con los requisitos no funcionalidad de calidad, desempeño y rendimiento

**Tabla 15. Criterios para el desarrollo de proyectos DPI 2019.**

**Fuente: Elaboración propia.**

#### **Proceso 4:** Generación de alternativas

Para identificar y seleccionar de manera rápida las alternativas se utilizó una matriz de Valoración de Alternativas que permitió una selección en función de la viabilidad y el impacto en los objetivos. Primero se enlistaron 33 proyectos asociados a los objetivos de la DPI, de los cuales se seleccionaron 22 y se categorizaron en una matriz bajo la denominación de: a) obligatorios, b) normativos, c) propuestas de proyectos, y d) otros. Los proyectos ubicados en el cuadrante de viabilidad e impacto altos, así como los proyectos obligatorios fueron seleccionados para un estudio de prefactibilidad.

#### **Paso 4.1:** Listado de propuestas de proyectos

<b>ID</b>	<b>Propuesta de proyecto</b>	<b>Objetivo relacionado</b>	<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Descripción</b>
11	SEPEV	ODPI3	Desarrollo de Software	Sistema para la Evaluación de pruebas Educativas a través de Videos para el PLANEA Preescolar
7	SIPSCO Reingeniería	ODPI3	Desarrollo de Software	Cambios radicales en el Sistema de Planeación, Seguimiento y Control Operativo destinado al reclutamiento de personal para las evaluaciones
7	SIPSCO Rediseño	ODPI3	Desarrollo de Software	Cambios en el Sistema de Planeación, Seguimiento y Control Operativo destinado al reclutamiento de personal para las evaluaciones

ID	Propuesta de proyecto	Objetivo relacionado	Tipo de proyecto	Descripción
8	SIPSCO Corrección de errores	ODPI3	Desarrollo de Software	Ajustes en el Sistema de Planeación, Seguimiento y Control Operativo destinado al reclutamiento de personal para las evaluaciones
10	SIAE	ODPI3	Desarrollo de Software	Sistema de Administración de Evaluaciones
29	Sistema para la planeación operativa	ODPI3	Desarrollo de Software	Sistema para Planear los operativos en cuanto a la asignación de personal a los operativos en campo y a asignación de recursos
28	Integración de los sistemas	ODPI3	Desarrollo de Software	Integración de los sistemas y herramientas existentes tanto para el procesamiento como para el levantamiento de datos y la gestión correspondiente
27	Aplicación para la asignación de recursos para los operativos	ODPI3	Desarrollo de Software	Sistema para la asignación y gestión de recursos
26	Módulo de Operativos	ODPI3	Desarrollo de Software	Módulo para gestionar los operativos en campo para cada una de las evaluaciones
12	Sistema de Indicadores	ODPI3	Desarrollo de Software	Sistema de Indicadores del levantamiento y el procesamiento
9	Aplicaciones móviles para la aplicación de instrumento de evaluación	ODPI3	Desarrollo de Software	Aplicaciones móviles como instrumentos para la aplicación digital de evaluaciones en sustitución al papel
13	PMO	ODPI4	Mejora organizacional	Diseño e implementación de una oficina de proyectos para gestionar proyectos de TI de todo el Instituto
15	Migración de tecnología de procesamiento para la captura de instrumentos de evaluación	ODPI4	Procesamiento	Cambiar a tecnologías de procesamiento y desarrollo de sistemas para la compatibilidad con sistemas modernos de procesamiento



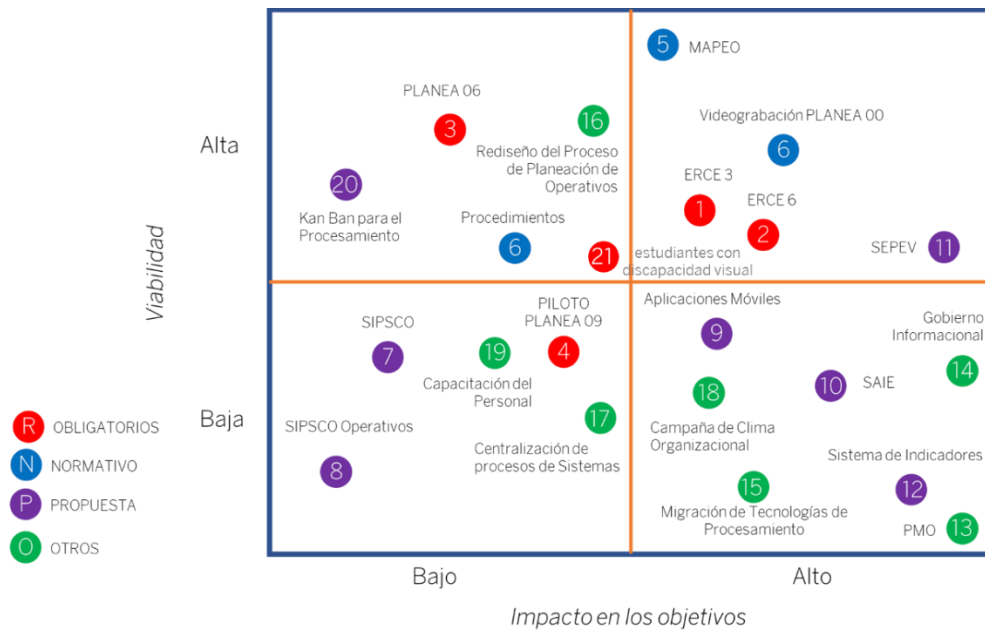
<b>ID</b>	<b>Propuesta de proyecto</b>	<b>Objetivo relacionado</b>	<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Descripción</b>
25	Automatizar el envío de correos masivos	ODPI4	Mejora de procesos	Aplicación para gestionar el envío masivo de correos personalizados a los directores de las DINEE para temas relacionados con el procesamiento de datos
17	Centralización del proceso de desarrollo de sistemas	ODPI4	Mejora de procesos	Diseño del proceso para centralizar el proceso de desarrollo de sistemas en un área especializada
24	Reducción de papel para la gestión de viáticos (paperless)	ODPI4	Mejora de procesos	Diseño de un proceso para disminuir el uso de papel en el área
14	Gobierno Informacional	ODPI4	Procesamiento	Diseñar e implementar un modelo de gobierno informacional con la finalidad de contar con calidad de información para cualquier fin dentro del Instituto y en su procesamiento para un uso exterior
16	Rediseño del proceso de planeación de los operativos	ODPI2	Procesamiento	Rediseñar el proceso de planeación de los operativos en campo con la finalidad de disminuir costos
22	Casita EXCALE - PLANEA	ODPI1	Procesamiento	Implementar un esquema de evaluación que permita la evaluación en video de las pruebas educativas del PLANEA Preescolar disminuyendo al máximo los factores que afectan la evaluación
18	Campaña de clima organizacional	ODPI4	Otros	Implementar una campaña de clima organizacional para el área de levantamiento y procesamiento
19	Capacitación de personal del área	ODPI4	Normativo	Llevar a cabo la capacitación del personal mediante apoyo para la realización de cursos, diplomados a fines al área de desempeño de los trabajadores
30	Medición del nivel de servicio	ODPI4	Normativo	Realizar un catálogo de servicios para medir el nivel de servicios con que se trabaja en la DPI

<b>ID</b>	<b>Propuesta de proyecto</b>	<b>Objetivo relacionado</b>	<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>20</b>	Tablero Kanban para el procesamiento	ODPI 1	Normativo	Implementar un tablero Kanban para dar trazabilidad al procesamiento de los instrumentos de evaluación
<b>31</b>	Buzón de sugerencias	ODPI4	Normativo	Implementación de un buzón de sugerencias para la mejora de los sistemas de software
<b>32</b>	Videograbación PLANEA 00	ODPI 1	Normativo	Implementar un esquema de evaluación que permita la evaluación en video de las pruebas educativas del PLANEA Preescolar disminuyendo al máximo los factores que afectan la evaluación
<b>33</b>	Sistema para la planeación de programas y proyectos	ODPI3	Desarrollo de Software	Diseñar e implementar un sistema para la planeación de proyectos de procesamiento, de desarrollo de sistema y proyectos a fines a la DPI.
<b>6</b>	Manual de procedimientos DPI	ODPI2	Normativo	Elaborar el manual de procedimientos de la DPI
<b>1</b>	Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE)	ODPI 1	Normativo	Aplicación del proyecto de evaluación ERCE
<b>2</b>	Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE)	ODPI 1	Normativo	Aplicación del proyecto de evaluación ERCE
<b>21</b>	Piloto de la Evaluación de la atención educativa a estudiantes con discapacidad visual en escuelas primarias generales	ODPI 1	Normativo	Aplicación del proyecto Piloto de la Evaluación de la atención educativa a estudiantes con discapacidad visual en escuelas primarias generales

ID	Propuesta de proyecto	Objetivo relacionado	Tipo de proyecto	Descripción
3	Piloto Planea 09	ODPI1	Normativo	Aplicación del proyecto de evaluación Piloto PLANEA 09
4	Piloto Planea EMS	ODPI1	Normativo	Aplicación del proyecto de evaluación Piloto PLANEA EMS
34	Modificación a la FIB	ODPI2	Normativo	Modificación de la Ficha de Información Básica utilizada para la planeación de los operativos en campo
35	Especialidad en Evaluación Educativa	ODPI4	Otros	Diseño curricular de la Especialidad en Evaluación Educativa para ser impartida por profesionales en el Instituto

**Tabla 16. Propuestas de Proyectos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

**Paso 4.2: Valoración de alternativas**



**Figura 59. Matriz de Evaluación de Alternativas DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

## Proceso 5: Estudios de prefactibilidad

Los proyectos que implican el empleo de recursos considerables fueron sometidos a estudios de prefactibilidad con lo que fue posible evaluar ocho proyectos de software y seleccionar dos con el apoyo de la técnica PROMETHEE. Adicionalmente fueron seleccionados cuatro proyectos de procesamiento, tres relacionados con la normatividad, y cinco clasificados como otros proyectos afines.

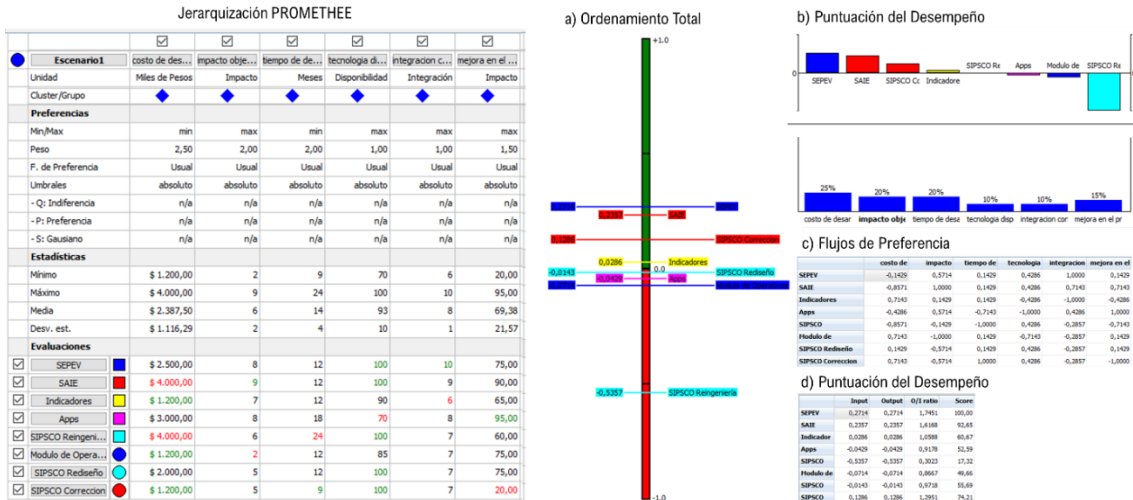
### Paso 5.1: Selección de proyectos de software

Alternativas de sistemas de software	Criterios para la selección de proyectos de software					
	Costo de desarrollo <sup>15</sup>	Impacto en objetivos	Tiempo de desarrollo	Tecnología disponible	Integración con otros sistemas	Reducción del tiempo de trabajo
	<i>Ponderación</i>					
	0.20	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15
<i>SEPEV</i>	2.5 MDP	8	1 año	100 %	9	70 %
<i>SIPSCO Reingeniería</i>	4 MDP	4	2 años	100 %	8	80 %
<i>SIPSCO Rediseño</i>	2.5 MDP	2	1 año	100%	8	70 %
<i>SIPSCO Corrección de errores</i>	1.2 MDP	1	6 meses	100%	8	60 %
<i>SIAE</i>	4 MDP	9	1 año	100 %	9	90 %
<i>Módulo de Operativos</i>	1.2 MDP	4	6 meses	100 %	8	80 %
<i>Sistema de Indicadores</i>	1.2 MPD	4	1 año	100 %	5	50 %
<i>Aplicaciones móviles</i>	3 MDP	8	1.5 años	70 %	8	90 %

**Tabla 17. Evaluación de Proyectos de Software DPI 2019.**

**Fuente: Elaboración propia.**

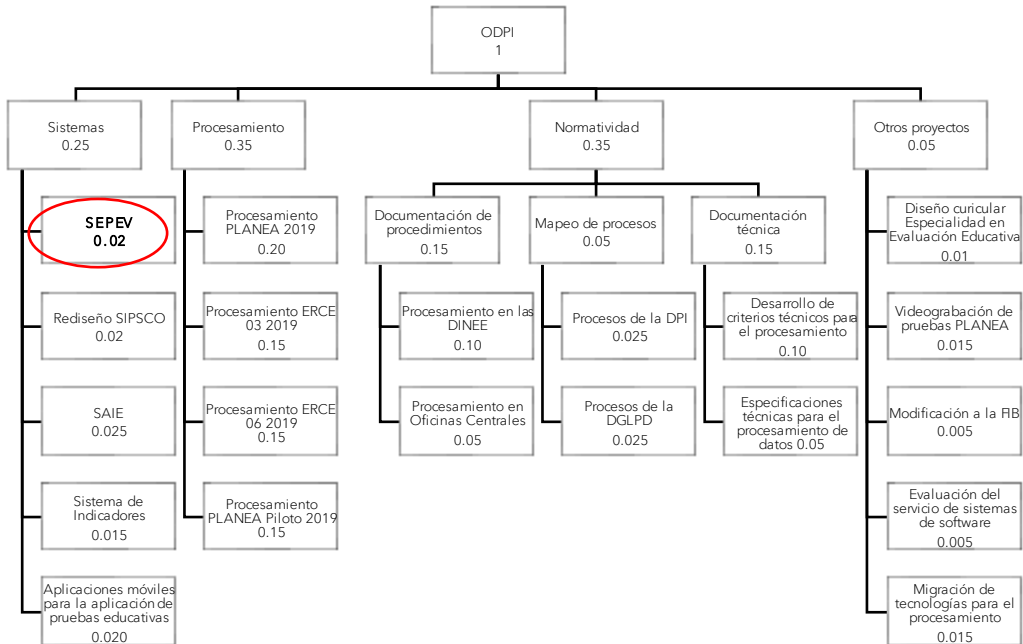
<sup>15</sup> Valores estimados



**Figura 60. Aplicación PROMETHEE para la Selección de Proyectos de Software DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

**Proceso 6: Jerarquización y selección de alternativas**

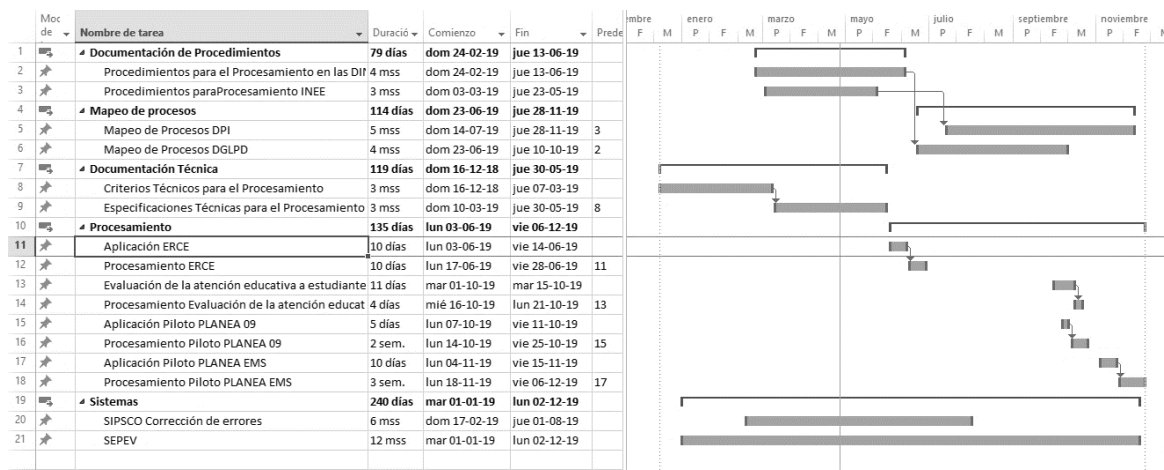
Los proyectos seleccionados en el proceso anterior se situaron en el árbol de objetivos con sus respectivos pesos de contribución al objetivo general del área. Los proyectos de sistemas que finalmente fueron seleccionados por restricción de presupuesto fueron SEPEV y SIPSICO Correcciones.



**Figura 61. Árbol de Objetivos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

## Proceso 7: Programación y presupuestación

En función de los proyectos seleccionados para realizar en el próximo ejercicio presupuestario, se ha realizado un programa de trabajo que incluye tanto los proyectos operativos como los proyectos de desarrollo de sistemas. Como parte final de la planeación del programa se obtuvo un cronograma con los proyectos seleccionados, así como el respectivo presupuesto requerido para el ejercicio del año 2019.



**Figura 62. Cronograma Final DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

Para realizar el desarrollo del proyecto seleccionado es requerida una planeación detallada. El proyecto se ha programado para el año 2019 e incluye cinco proyectos, de los cuales dos se relacionan con el desarrollo de software mientras que los tres restantes son de tipo normativo y regulatorio.

Programa de Trabajo Anual 2019				
Proyecto	Descripción	Presupuesto	Periodo del ejercicio <sup>16</sup>	Duración del proyecto
SEPEV	Desarrollo del Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos	2.5 mdp	Enero – 200,000 Febrero – 200,000 Marzo – 200,000 Abril – 200,000 Mayo – 200,000 Junio – 200,000 Julio – 200,000 Agosto – 200,000	1 año

<sup>16</sup> Valores estimados

<b>Programa de Trabajo Anual 2019</b>				
<b>Proyecto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Periodo del ejercicio<sup>16</sup></b>	<b>Duración del proyecto</b>
			Septiembre – 200,000 Octubre – 200,000 Noviembre -200,000 Diciembre – 300,000	
SIPSCO Corrección de errores – (Solo módulo de reclutamiento)	Reingeniería del Sistema de Planeación, Seguimiento y Control Operativo	1.2 mdp	Julio – 200,000 Agosto – 200,000 Septiembre – 200,000 Octubre – 200,000 Noviembre -200,000 Diciembre – 200,000	6 meses
Procesamiento PLANEA 06 2019	Procesamiento de la prueba PLANEA Preescolar 2019	500,000	Junio – 250,000 Julio – 125,000 Agosto – 125,000	2 meses
Procesamiento PLANEA 09 2019	Procesamiento de la Prueba EVOE 2019	500,000	Julio – 250,00 Octubre – 250,000	1 mes
Videograbación PLANEA 00	Grabación de las pruebas del PLANEA	500,000	Enero – 500,000	-
Procesamiento ERCE 3	Procesamiento de las pruebas ERCE 3	750,000	Junio – 750,000	-
Procesamiento ERCE 6	Procesamiento de las pruebas ERCE 6	750,000	Junio – 750,000	-
<b>TOTAL</b>		<b>6.7 mdp</b>		

**Tabla 18. Propuestas de proyectos DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

Como apoyo para la planeación del programa se precisa el empleo de una matriz de interacción, en donde se muestra la relación entre todos los elementos de la planeación tales como restricciones, alterables, marco legal, proyectos, indicadores, entre otros elementos, lo que permite la coordinación integral del programa desde una perspectiva visual.

RESTRICCIONES	RESTRICCIONES VS ALTERABLES	RESTRICCIONES VS NECESIDADES	RESTRICCIONES VS MARCO LEGAL
Restricción de Tiempo			
Restricciones de Infraestructura y Tecnología			
Restricciones de Recursos Humanos (operativo)			
Restricciones de grupos de Interés			
Restricciones Financieras			
ALTERABLES	ALTERABLES VS NECESIDADES	ALTERABLES VS MARCO LEGAL	
Legislación en materia educativa			
Legislación en materia de evaluación			
Legislación para el sector público			
Legislación internacional para pruebas educativas			
Políticas públicas en materia de educación			
	NECESIDADES	NECESIDADES VS MARCO LEGAL	
	Mejorar la calidad educativa		
	Mejorar los procesos de evaluación educativa		
	Aumentar la cobertura de evaluación educativa		
	Integrar medios que permitan realizar evaluaciones eficientes		
	Mejorar las competencias de los estudiantes en el nivel obligatorio		
	MARCO LEGAL		
	Art. 3o. Constitución		
	Art. 11. Ley General de Educación		
	Leg del INEE		
	Estaduto Orgánico del INEE		
	Manual de Organización		

**Figura 63. Matriz de Interacción – Planeación para el INEE DPI 2019.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Hasta este apartado se ha desarrollado el plan del programa y se ha obtenido el Programa de Trabajo Anual (PTA) el cual incluye el proyecto SEPEV, a partir de esta sección las siguientes fases de trabajo se enfocan en este proyecto en particular.

## 5.2 Fase 2: Planeación del Proyecto - Planeación Exploratoria

### 5.2.1 Sistema para la Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos (SEPEV)

Uno de los proyectos seleccionados para el portafolio de la Dirección de Procesamiento de la Información es el Sistema de Evaluación de Videos a través de Videos (SEPEV) el cual fue seleccionado para su planeación detallada, por lo que en el presente trabajo se propone la planeación del proyecto en un nivel exploratorio.

El proyecto seleccionado consiste en el desarrollo de un sistema que apoya las funciones principales del INEE. Este sistema nombrado SEPEV requiere un desarrollo detallado mediante las fases de planeación correspondiente.

#### **Proceso 1: Investigación de demandas**

Como parte del proyecto La Casita “EXCALE” que consiste en una evaluación que se realiza a nivel preescolar, se obtienen videograbaciones con la finalidad de realizar la evaluación de forma posterior y de forma colaborativa. Este esquema de evaluación posterior difiere de la evaluación que se realizó en las evaluaciones actuales en donde el evaluador se encuentra en el sitio y mediante una rúbrica.

El proyecto La Casita “EXCALE” tiene cuatro objetivos: 1) Ayudar a desarrollar evaluaciones confiables, 2) Contribuir en la mejora de la capacitación de los aplicadores, 3)



Reducir los efectos de los factores en el sitio, 4) Sistematizar y automatizar la evaluación de la prueba Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar (Proceso 2: Definición de objetivos del proyecto).

Para lograr el cumplimiento de los objetivos del proyecto La Casita “EXCALE” es necesario desarrollar un proceso que permita la aplicación adecuada y su posterior evaluación, para esto se seleccionó el proyecto SEPEV como el proyecto emblemático para ser desarrollado de manera detallada. Este proyecto surge de la necesidad de realizar de otra manera el proceso de evaluación de las pruebas PLANEA Preescolar.

**Proceso 2: Definición de objetivos del proyecto**

<b>Objetivo del Proyecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>OP1</b>	Contribuir a la mejora de la confiabilidad y validez de los resultados del proceso de aplicación y evaluación de los instrumentos.
<b>OP2</b>	Evaluar al personal que participa en la aplicación y evaluación
<b>OP3</b>	Contribuir en la mejora de la capacitación de los aplicadores
<b>OP4</b>	Comparar las evaluaciones realizadas de manera directa y las realizadas a partir de los videos
<b>OP5</b>	Calibrar las rúbricas y analizar la confiabilidad
<b>OP6</b>	Generar soporte documental de las aplicaciones
<b>OP7</b>	Sistematización y automatización de la evaluación de la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Prescolar

**Tabla 19. Objetivos del Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.**

**Proceso 3: Establecimiento de criterios del proyecto**

Se establecieron cinco criterios, dos relacionados con el presupuesto, uno con el tiempo, uno con el alcance y uno con la calidad del sistema.

<b>Criterios del Proyecto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Descripción del Criterio del Proyecto</b>
<b>CP1</b>	Costo – Presupuesto	El proyecto no deberá exceder el costo presupuestado
<b>CP2</b>	Costo - Presupuesto	El proyecto no deberá tener desembolsos mensuales que excedan el 20% de los desembolsos planeados
<b>CP3</b>	Tiempo	Deberá entregarse a más tardar en la fecha límite indicada
<b>CP4</b>	Alcance	El sistema deberá implementar la totalidad de las funcionalidades indicadas en la recopilación y definición de requisitos

Criterios del Proyecto	Indicador	Descripción del Criterio del Proyecto
CP5	Calidad	El sistema deberá cumplir con los requisitos no funcionalidad de calidad, desempeño y rendimiento

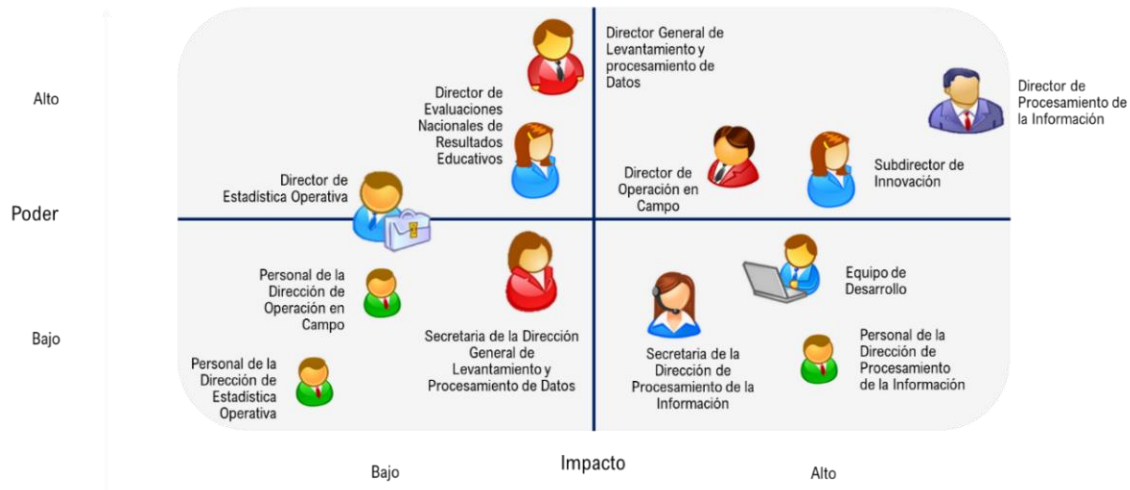
**Tabla 20. Criterios del Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.**

Criterios del Sistema	Indicador	Descripción del Criterio del Sistema
CS1	Protección de datos	Describe en qué medida la información de las evaluaciones deberá permanecer resguardada por el Instituto, que deberá tener control total sobre los datos, sin posibilidad de que estén disponibles para un tercero.
CS2	Disponibilidad del sistema	Indica el grado de disponibilidad y acceso para los usuarios en cuanto al horario y a los dispositivos empleados para el acceso
CS3	Costo de operación	Establece el costo de implementación y operación de un sistema en función de características como la arquitectura del sistema y el esquema de funcionamiento
CS4	Rendimiento del sistema	Establece el desempeño del sistema mediante métricas como tiempo de respuesta, cantidad máxima de usuarios concurrentes, etc.
CS5	Tiempo de desarrollo	Indica el tiempo que tarda el desarrollo en función de la arquitectura de la solución y la tecnología empleada
CS6	Mantenimiento, escalabilidad, cambios	Describe la facilidad técnica con que se pueden realizar ajustes o cambios posteriores al sistema debido a cambios en la normatividad o en las reglas de operación del proceso de evaluación

**Tabla 21. Criterios específicos del SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.**

#### **Proceso 4: Análisis de interesados**

Como parte del análisis de stakeholder es posible observar mediante una matriz de poder-impacto, los actores principales que pueden influir en el proyecto tanto de manera positiva como en detrimento. Es posible identificar por cuadrantes los actores que deben ser gestionados con distintas estrategias, por ejemplo, para los actores que se encuentran en el cuadrante de impacto alto – poder alto la estrategia es una gestión continua y de cercanía para sus expectativas. Para los actores del cuadrante impacto alto – poder bajo la estrategia es únicamente mantener informados. El cuadrante impacto bajo – poder alto requiere buscar la satisfacción de los roles involucrados, mientras que para el cuadrante de impacto bajo – poder bajo bastará con el monitoreo en caso de que cambie de cuadrante.



**Figura 64. Matriz de Interesados Impacto – Poder. Fuente: Elaboración propia.**

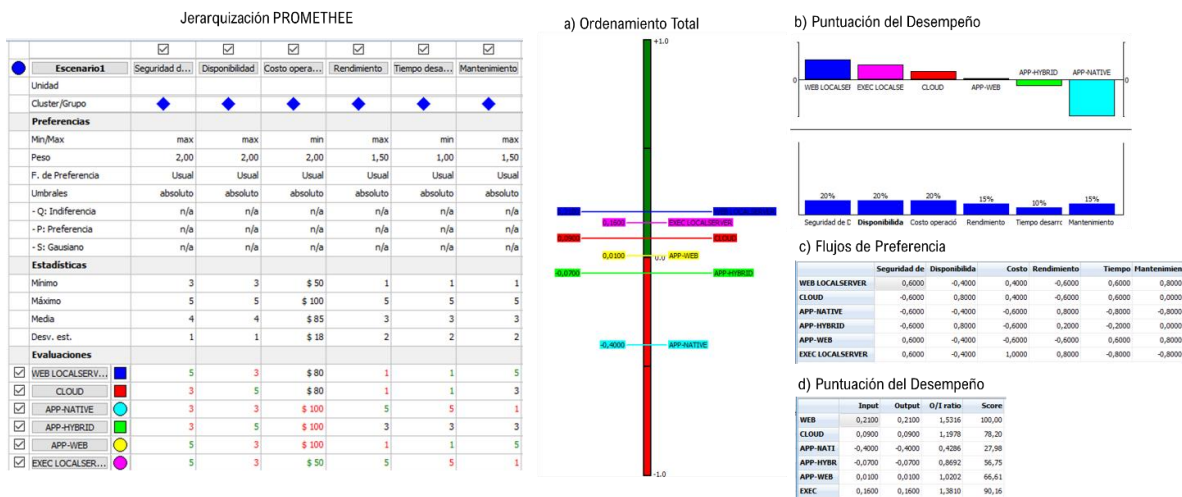
**Proceso 5:** Descripción de alternativas para el proyecto

Alternativas	Descripción
<b>Sistema web</b>	Un Sistema de este tipo consiste en el desarrollo de una aplicación centralizada o distribuida que permitirá el acceso a los usuarios mediante un navegador web en cualquier ubicación
<b>Sistema local</b>	Un Sistema de este tipo consiste en el desarrollo de una aplicación que se deberá instalar y configurar en el equipo de cada usuario
<b>Aplicación móvil</b>	Una aplicación de este tipo permite que el usuario pueda conectarse mediante un móvil, para esto se requiere que cada usuario descargue la aplicación en su celular.

**Tabla 22. Alternativas técnicas para el Proyecto SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.**

**Paso 6:** Evaluación de Proyectos y **Paso 7:** Selección de la alternativa de proyecto

Para buscar alternativas se puede combinar el dispositivo que se empleará, así como la tecnología y despliegue físico del software y hardware. Existen diversas posibilidades técnicas para la implementación del SEPEV. Para el proyecto se evaluaron las siguientes alternativas técnicas para su despliegue: a) Aplicación web en servidor local, b) Aplicación local, c) Aplicación web en servicios Cloud, d) Aplicación móvil web, e) Aplicación móvil híbrida y f) Aplicación móvil nativa. Estas opciones fueron evaluadas mediante la técnica PROMETHEE (ver Figura 64) con los siguientes criterios: 1) Seguridad y protección de datos, 2) Disponibilidad del sistema, 3) Costo de operación, 4) Rendimiento del sistema, 5) Tiempo de desarrollo, 6) Mantenimiento, escalabilidad y cambios.



**Figura 65. Aplicación PROMETHEE para la Selección de la solución técnica para el SEPEV, DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

### Paso 8: Elaboración del caso de negocio

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es un organismo público autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que cuenta con plena autonomía técnica, de gestión y presupuestaria para determinar su organización. Dentro de las funciones principales se encuentra la de evaluar el Sistema Educativo Nacional (SEN), por lo que lleva a cabo un conjunto de Proyectos de Evaluación que permiten conocer aspectos tales como el logro en el aprendizaje y habilidades de los alumnos, condiciones básicas de las escuelas para el aprendizaje, aspectos de infraestructura, y condiciones de trabajo de docentes y directores.

Por lo anterior, la Dirección de Procesamiento de la Información (DPI) propone el proyecto de desarrollo de un Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones, con la finalidad de contribuir a la mejora de la confiabilidad y validez de los resultados del proceso de aplicación y evaluación de los instrumentos.

Con fundamento en el artículo 71 del Estatuto Orgánico del INEE, la DGLPD tiene las siguientes atribuciones que sustentan la realización del proyecto “Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones (SEPEV)”:

Artículo 71 del Estatuto Orgánico del INEE:

“...

VII. Determinar los mecanismos, sistemas y servicios de captura que requieran las mediciones, evaluaciones y estudios del Instituto, en coordinación con la DGIST [Dirección General de Informática y Servicios Técnicos].

VIII. Desarrollar herramientas tecnológicas para el levantamiento y procesamiento de datos de las evaluaciones que realice el Instituto, con base en los requerimientos de las unidades administrativas que corresponda y conforme a los estándares que emita la DGIST.

...”

Además, el proyecto está alineado con los siguientes objetivos estratégicos:

- La evaluación de los componentes, procesos y resultados del Sistema Educativo Nacional genera información y conocimiento orientados hacia la mejora de la calidad y la equidad de la educación.
- El Instituto emite normatividad para la evaluación, supervisa su aplicación y fortalece capacidades técnicas en el ámbito nacional y local para asegurar la calidad de las evaluaciones que se llevan a cabo en el marco del SNEE.

Algunos de los elementos de mayor importancia que justifican el desarrollo del proyecto se enlistan a continuación:

El INEE requiere de una herramienta de cómputo para la evaluación de las pruebas educativas con videograbaciones que contribuya a mejorar las funciones de evaluación.

La necesidad surge del proyecto de grabación del PLANEA Preescolar que durante la aplicación de la prueba genera videos como elementos útiles para llevar a cabo la evaluación. Para lo anterior, se ha propuesto el diseño de un sistema de cómputo que brinde los siguientes beneficios:

- Contribuir al cumplimiento de las funciones del INEE atribuidas por su normatividad
- Fomentar el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación
- Ayudar a desarrollar evaluaciones confiables
- Contribuir en la mejora de la capacitación de los aplicadores
- Reducir los efectos de los factores en el sitio de la aplicación, que puedan afectar la evaluación
- Sistematización y automatización de la evaluación de la prueba de Lenguaje y Comunicación con base en rúbricas y videos

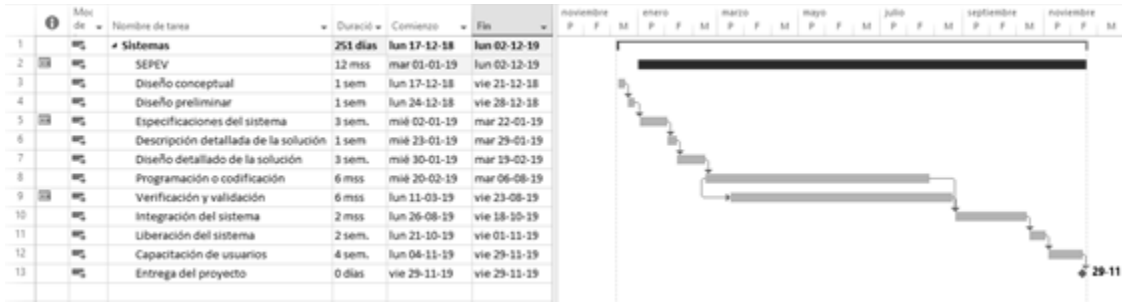
Con base en lo anterior, y de acuerdo con la Dirección de Evaluaciones Nacionales de Resultados Educativos (DENRE), las videograbaciones de la prueba de Lenguaje y Comunicación se utilizarán para:

- Calibrar las rúbricas y analizar la confiabilidad
- Evaluar al personal que participa en la aplicación y evaluación
- Realizar un ejercicio de evaluación de los alumnos a partir de la videograbación

- Comparar las evaluaciones realizadas de manera directa y las realizadas a partir de los videos
- Generar soporte documental de la aplicación

**Proceso 9: Programación**

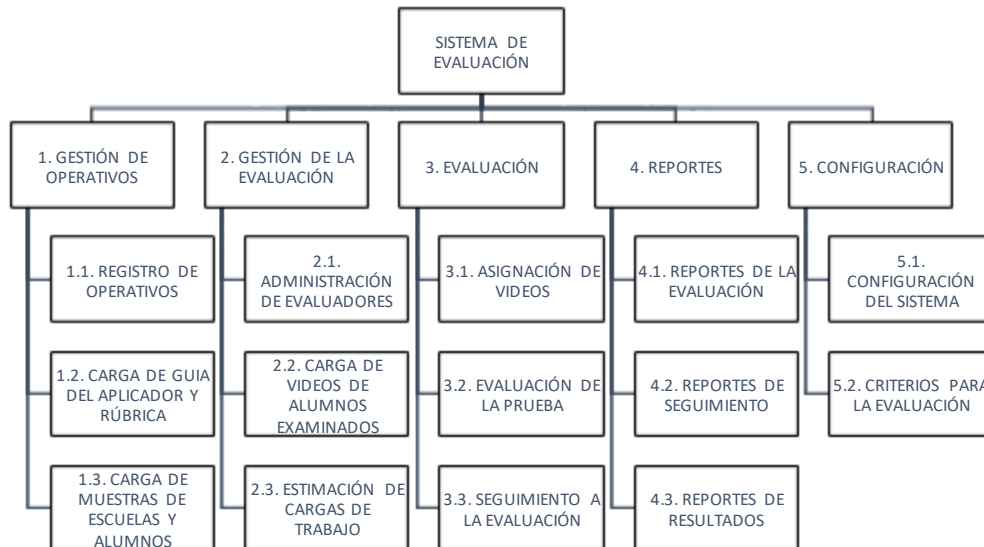
El proyecto SEPEV tiene una duración estimada de 12 meses, con fecha de inicio 2 de enero de 2019, entrega del sistema establecida para el 29 de noviembre de 2019, y fecha de cierre del proyecto el 2 de diciembre de 2019.



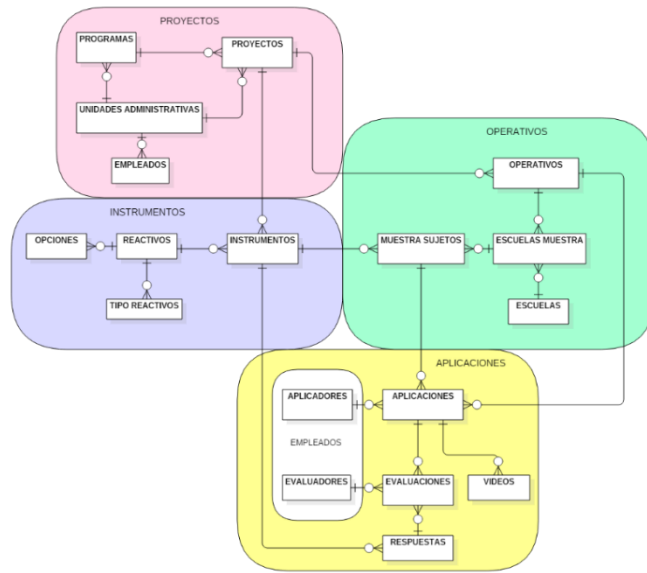
**Figura 66. Plan de trabajo completo para el proyecto seleccionado SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

**Proceso 10: Diseño conceptual**

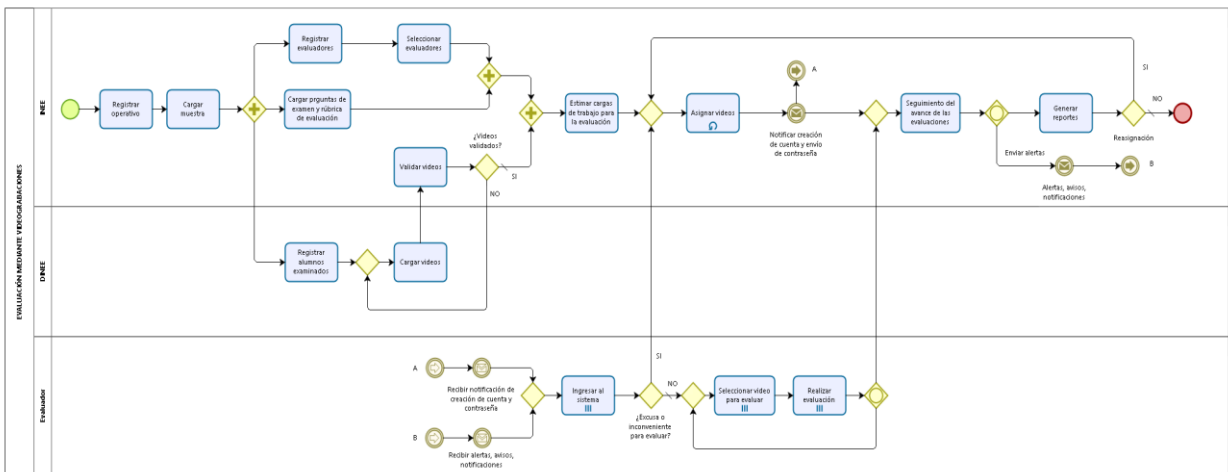
El diseño conceptual incluye un diagrama de los componentes (módulos del sistema), un esquema de los datos mediante un diagrama de Entidad – Relación, y el proceso de evaluación de pruebas educativas con la implementación del sistema.



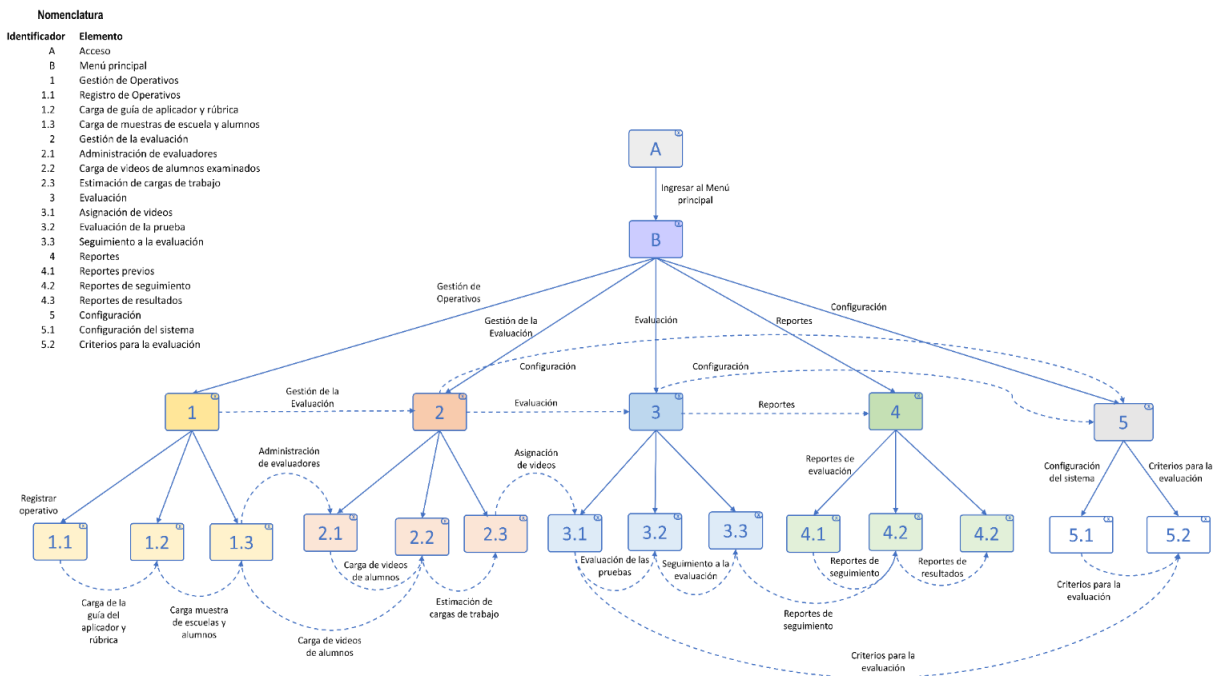
**Figura 67. Módulos del Sistema SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 68. Diseño conceptual de los datos: Diagrama Entidad-Relación SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 69. Proceso de Evaluación de Videos. Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 70. Diagrama de Navegación SEPEV DPI 2019. Fuente: Elaboración propia.**

ID	Elemento	Tipo de Elemento	Administrador -DPI	Usuarios-DINEE	Usuarios-evaluador
A	Acceso	Funcionalidad	X	X	X
B	Menú principal	Menú	X	X	X
1	Gestión de Operativos	Módulo	X		
1.1	Registro de Operativos	Submódulo	X		
1.2	Carga de guía de aplicador y rúbrica	Submódulo	X		
1.3	Carga de muestras de escuela y alumnos	Submódulo	X		
2	Gestión de la evaluación	Módulo	X	X	
2.1	Administración de evaluadores	Submódulo	X	X	



<b>ID</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo de Elemento</b>	<b>Administrador -DPI</b>	<b>Usuarios-DINEE</b>	<b>Usuarios-evaluador</b>
2.2	Carga de videos de alumnos examinados	Submódulo	X	X	
2.3	Estimación de cargas de trabajo	Submódulo	X		
<b>3</b>	Evaluación	Módulo	X		X
3.1	Asignación de videos	Submódulo	X		
3.2	Evaluación de la prueba	Submódulo			X
3.3	Seguimiento a la evaluación	Submódulo	X		X
<b>4</b>	Reportes	Módulo	X	X	X
4.1	Reportes de la evaluación	Submódulo	X	X	X
4.2	Reportes de seguimiento	Submódulo	X		X
4.3	Reportes de resultados	Submódulo	X		
<b>5</b>	Configuración	Módulo	X		
5.1	Configuración del sistema	Submódulo	X		
5.2	Criterios para la evaluación	Submódulo	X		

**Tabla 23. Matriz de perfiles y niveles de acceso SEPEV DPI 2019.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

**Proceso 11: Desarrollo del Project Charter**

Como parte final de la fase de planeación exploratoria se elaboró el acta de constitución del proyecto cuyo propósito principal es otorgarle formalidad, mediante la asignación de un responsable, asignación de recursos, establecimiento de los requisitos de alto nivel, la determinación de los niveles de autoridad y el proceso para la toma de decisiones y la gestión del presupuesto con el objetivo de iniciar con la ejecución.

<b>Elemento del Project Charter</b>	<b>Descripción</b>	
<b>Nombre del Proyecto</b>	Desarrollo del Sistema para la Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos (SEPEV)	
<b>Propósito o Justificación</b>	Implementar un sistema de software que permita contribuir a la mejora de la confiabilidad y validez de los resultados del proceso de aplicación y evaluación de los instrumentos de evaluación.	
<b>Descripción del Proyecto</b>	Desarrollar un sistema de software que permita realizar la evaluación de manera participativa de las pruebas de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar, de manera posterior a la realización de la prueba con el fin de reducir al máximo los efectos del evaluador en el proceso.	
<b>Requisitos de alto nivel</b>	Diseño de la propuesta detallada de solución Implementación de las funcionalidades establecidas en los requisitos del sistema Desarrollar los siguientes módulos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de Operativos</li> <li>• Gestión de la Evaluación</li> <li>• Evaluación</li> <li>• Reportes</li> <li>• Evaluación</li> </ul>	
<b>Riesgos principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contar con personal calificado técnicamente para el desarrollo de software</li> <li>• No cumplir con la totalidad de las funciones</li> <li>• Exceder el presupuesto por temas de adquisiciones adicionales</li> <li>• No cumplir con el plazo establecido</li> </ul>	
<b>Alcance</b>	Cumplir con la implementación de todas las funcionalidades del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software funcional</li> <li>• Manuales y guías de usuario</li> <li>• Parámetros de configuración</li> </ul>
<b>Tiempo</b>	Comenzar el 1 de enero de 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entregar el proyecto a más tardar el 29 de noviembre de 2019</li> </ul>
<b>Costo</b>	No exceder el presupuesto total estimado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto límite de 2.5 MDP</li> <li>• No exceder desembolsos mensuales de \$ 200,000</li> </ul>
<b>Presupuesto estimado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto estimado para la realización del proyecto es 2.2 MDP</li> </ul>	
<b>Principales Interesados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Director General de Levantamiento y Procesamiento de Datos</li> <li>• Director de Procesamiento de la Información</li> <li>• Director de Operación en Campo</li> <li>• Director de Estadística Operativa</li> <li>• DENRE</li> <li>• Equipo de trabajo actual</li> </ul>	

<b>Elemento del Project Charter</b>	<b>Descripción</b>
<b>Niveles de autoridad del Project Manager</b>	El nivel de autoridad será total para aquellos miembros del equipo de trabajo que tengan dedicación total al proyecto, sin embargo, para aquellos de dedicación parcial cuyas actividades incluyen operación diaria el nivel de autoridad será mínimo, solo se considerará como apoyo.
<b>Gestión Presupuestal</b>	El director de la Dirección de Procesamiento de la Información en conjunto con el Administrador del Proyecto administrará el presupuesto.
<b>Decisiones técnicas</b>	Las decisiones técnicas estarán a cargo del Ingeniero de Sistemas en apoyo con los especialistas técnicos

**Tabla 24. Project Charter SEPEV 2019. Fuente: Elaboración propia.**

### 5.3 Conclusiones

El marco de trabajo, previamente elaborado, ha permitido una planeación total, ordenada y de mediano - largo plazo, de los proyectos que se pueden desarrollar en un área determinada en un organismo del sector Público.

Ha sido posible mostrar el caso de aplicación de un proyecto en particular denominado Sistema para la Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos (SEPEV) hasta la fase de planeación exploratoria del proyecto. El diseño detallado, la codificación del software, su despliegue e implementación total se realizará por el equipo que sea asignado al proyecto.

La importancia de este caso se reviste con la claridad con que es abordado un proyecto de ingeniería de software, pues normalmente no se distingue el nivel de planeación que debe abordarse para estos proyectos según la fase en la que se esté trabajando.

Los procesos, así como los principales entregables y salidas resumen adecuadamente y en justa medida la planeación del programa alineado con la normatividad aplicable, la gestión necesaria y el detalle técnico mínimo para que los proyectos sean mejor comprendidos.

La aplicación de este caso demostró que es posible tener un panorama que incluye la cobertura de los objetivos organizacionales y del área origen en lo respectivo a su alineación con el programa y sus proyectos. Por otro lado, permitió enfocar la atención en un proyecto de naturaleza técnica para mejorar sustancialmente el entendimiento conceptual y técnico para su desarrollo en fases posteriores.

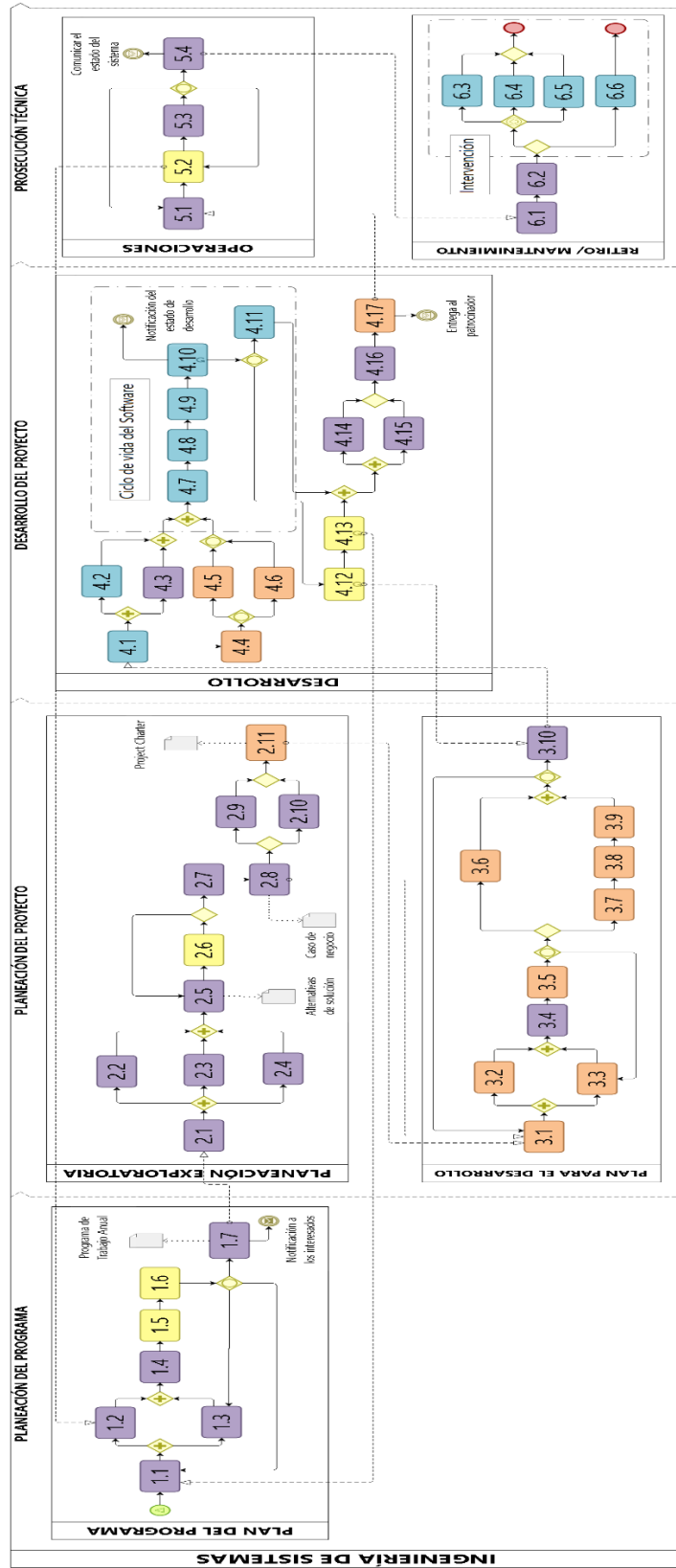
## Anexos

### Procesos de Administración de Proyectos para la Administración Pública

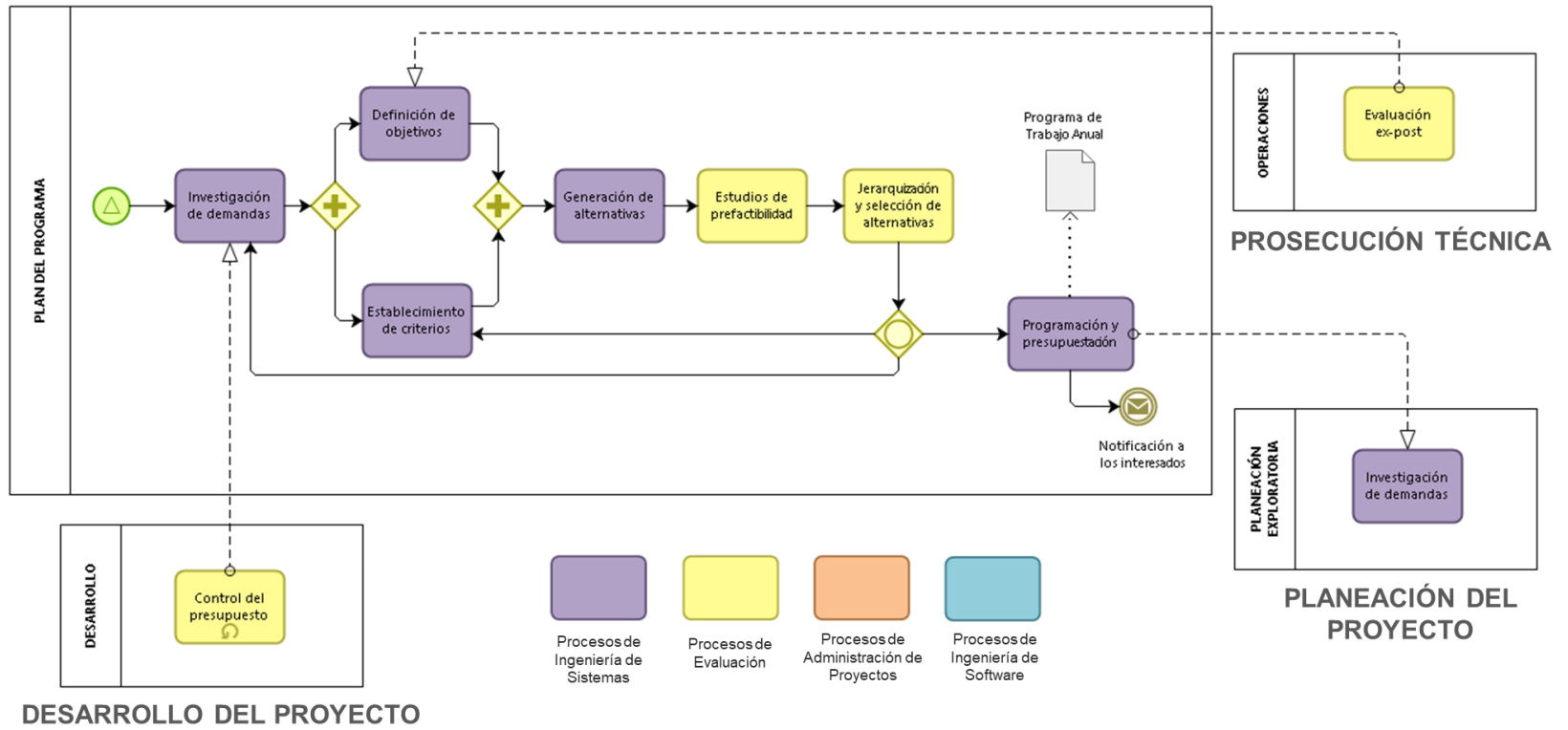
Fase	Subfase	Número	Proceso	Entrada	Salida
<b>Planeación del Programa</b>	<i>Plan del Programa</i>	1.1	Investigación de demandas	4.13	1.2 1.3
		1.2	Definición de objetivos	1.1 5.2	1.4
		1.3	Establecimiento de criterios	1.1	1.4
		1.4	Generación de alternativas	1.2 1.3	1.5
		1.5	Estudios de prefactibilidad	1.4	1.6
		1.6	Jerarquización y selección de alternativas	1.5	1.7
		1.7	Programación y presupuestación	1.6	
<b>Planeación del Proyecto</b>	<i>Planeación Exploratoria</i>	2.1	Investigación de demandas	1.7	2.2 2.3 2.4
		2.2	Definición de objetivos	2.1	2.5
		2.3	Criterios de evaluación	2.1	2.5
		2.4	Análisis de interesados	2.1	2.5
		2.5	Descripción de alternativas	2.2 2.3 2.4	2.6
		2.6	Evaluación de proyectos	2.5	2.7
		2.7	Selección del proyecto	2.6	2.8
		2.8	Elaboración del caso de negocio	2.7	2.9 2.10 3.1
		2.9	Programación	2.8	2.11
		2.10	Diseño conceptual	2.8	2.11

<b>Fase</b>	<b>Subfase</b>	<b>Número</b>	<b>Proceso</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
		2.11	Project Charter	2.9 2.10	3.1
	<i>Planeación para el Desarrollo</i>	3.1	Análisis del caso de negocio	2.8 2.11	3.2 3.3
		3.2	Especificación de requisitos	3.1	3.4
		3.3	Criterios para el plan del proyecto	3.1	3.4
		3.4	Diseño preliminar	3.2 3.3	3.5
		3.5	Creación del EDT	3.4	3.6 3.7
		3.6	Análisis de riesgos	3.5	3.10
		3.7	Estimación de recursos	3.5	3.8
		3.8	Desarrollo del cronograma	3.7	3.9
		3.9	Determinación del presupuesto	3.8	3.10
		3.10	Plan para el desarrollo	3.6 3.9 4.12	5.1
<b>Desarrollo de Proyecto</b>	<i>Desarrollo</i>	4.1	Especificaciones del sistema	3.10	4.2 4.3
		4.2	Trazabilidad del sistema	4.1	4.7
		4.3	Diseño de indicadores del sistema	4.1	4.7
		4.4	Especificaciones de personal y adquisiciones	4.1	4.5 4.6
		4.5	Integración de personal	4.4	4.7
		4.6	Adquisiciones y recursos materiales	4.4	4.7
		4.7	Descripción detallada de la solución	4.2 4.3 4.5 4.6	4.8

<b>Fase</b>	<b>Subfase</b>	<b>Número</b>	<b>Proceso</b>	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
		4.8	Diseño detallado de la solución	4.7	4.9
		4.9	Programación o codificación	4.8	4.10
		4.10	Verificación y validación	4.9	4.11 4.12
		4.11	Integración del sistema	4.10	4.14 4.15
		4.12	Control del proyecto	4.10	4.13 3.10
		4.13	Control del presupuesto	4.12	4.14 4.15 1.1
		4.14	Liberación del sistema	4.11 4.13	4.16
		4.15	Especificaciones de capacitación de usuarios	4.11 4.13	4.16
		4.16	Capacitación de usuarios	4.14 4.15	4.17
		4.17	Entrega del proyecto	4.16	5.1
<b>Prosecución Técnica</b>	<i>Operaciones</i>	5.1	Establecer indicadores de desempeño	4.17	5.2
		5.2	Evaluación expost	5.1	5.3 1.2
		5.3	Análisis de alternativas	5.2	5.4
		5.4	Elegir la mejor alternativa	5.3	6.1
	<i>Retiro/ Mantenimiento</i>	6.1	Especificaciones de la intervención	6.1	6.2 6.3 6.4 6.5
		6.2	Rediseño	6.1	-
		6.3	Adición de funciones	6.1	-
		6.4	Reingeniería	6.1	-
		6.5	Retiro	6.1	-

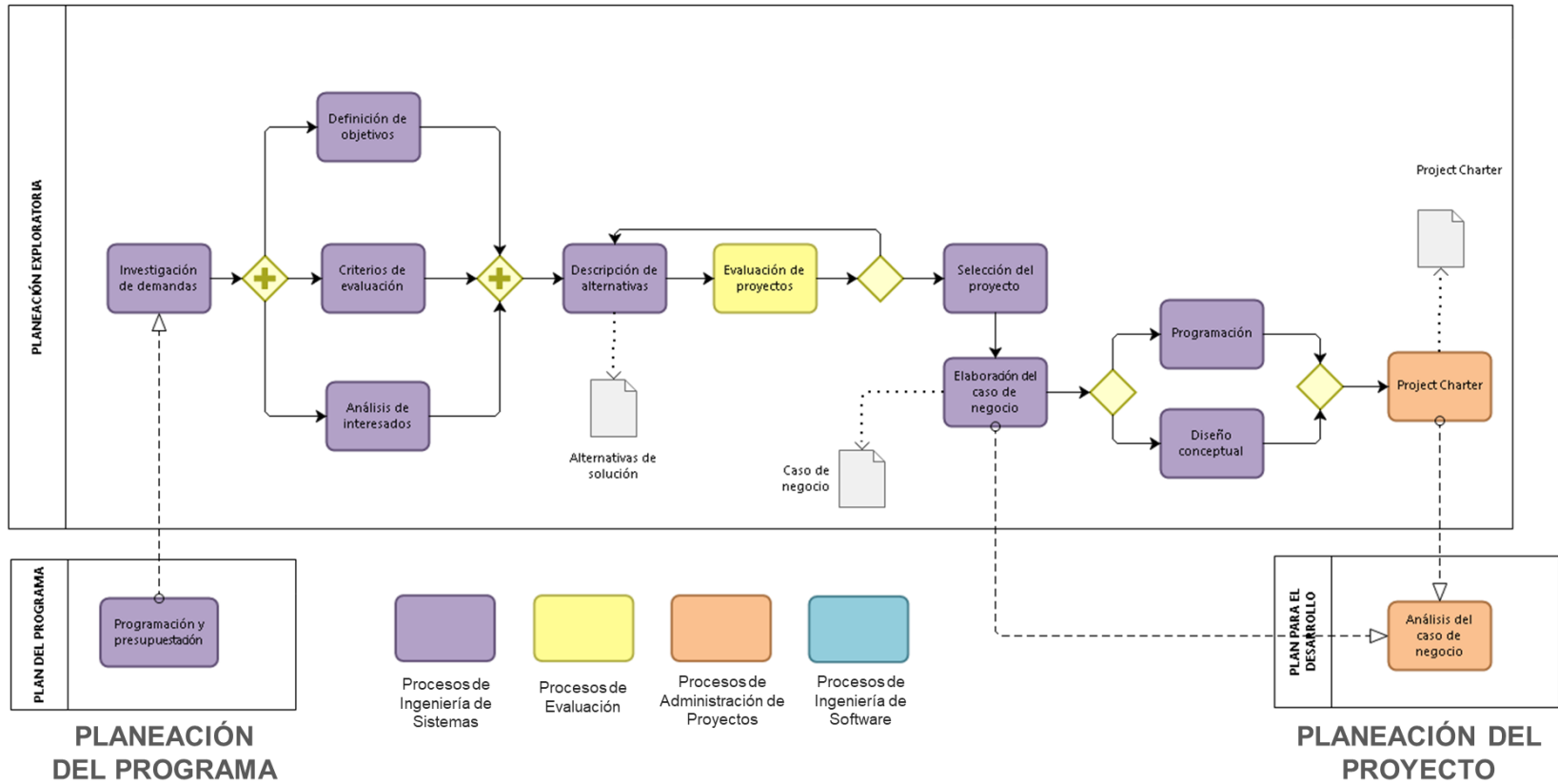


## PLANEACIÓN DEL PROGRAMA

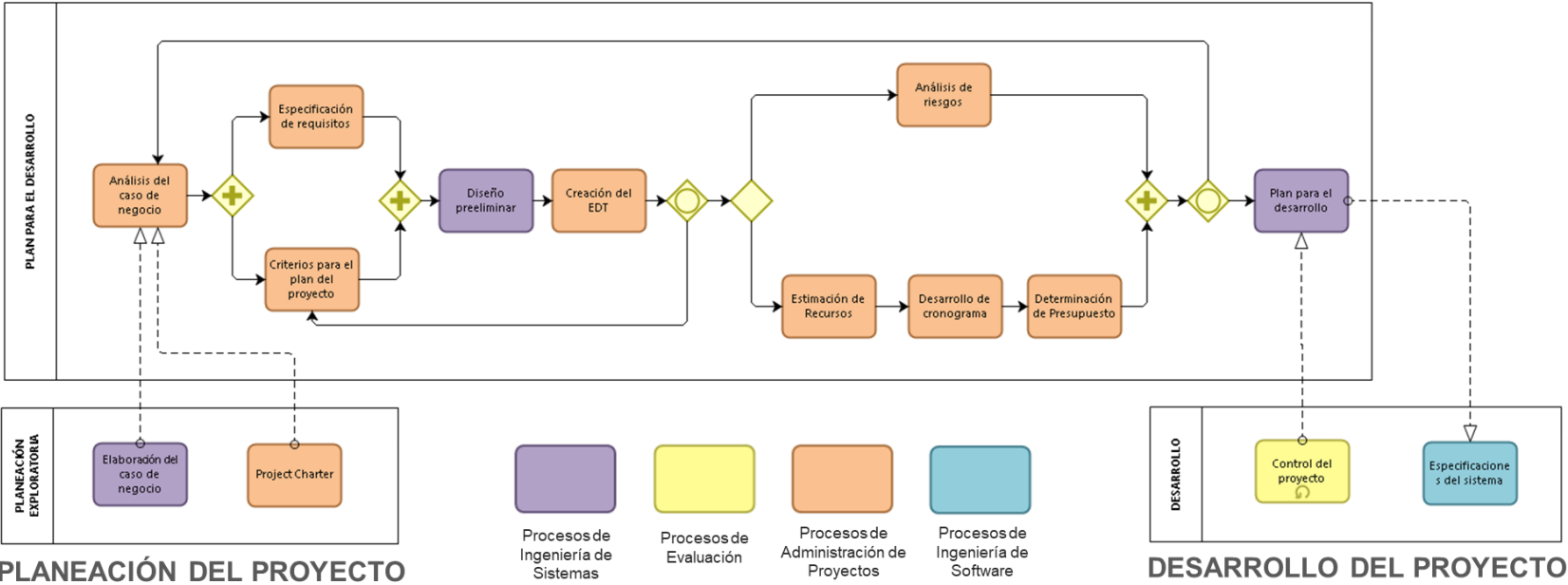


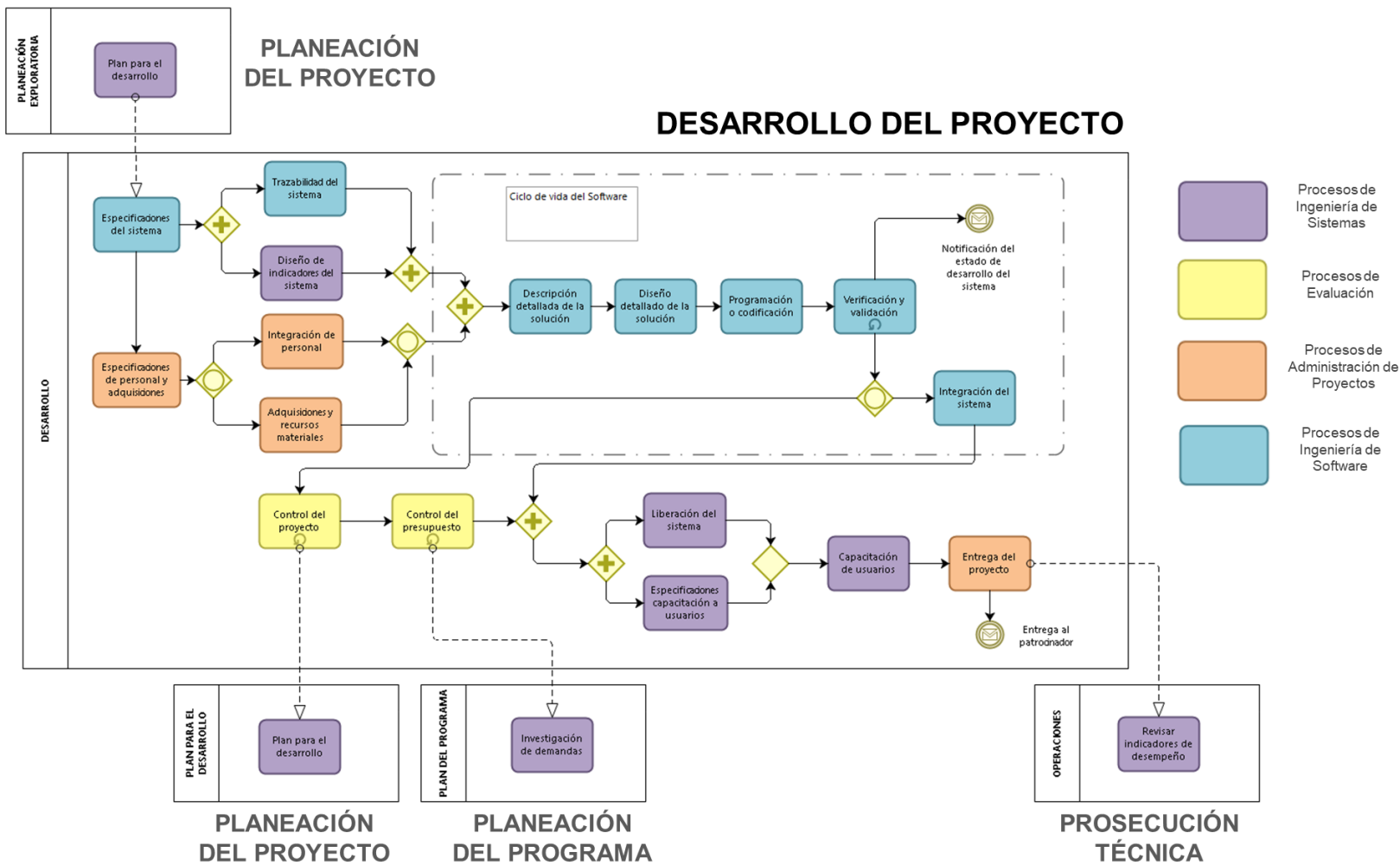


# PLANEACIÓN DEL PROYECTO



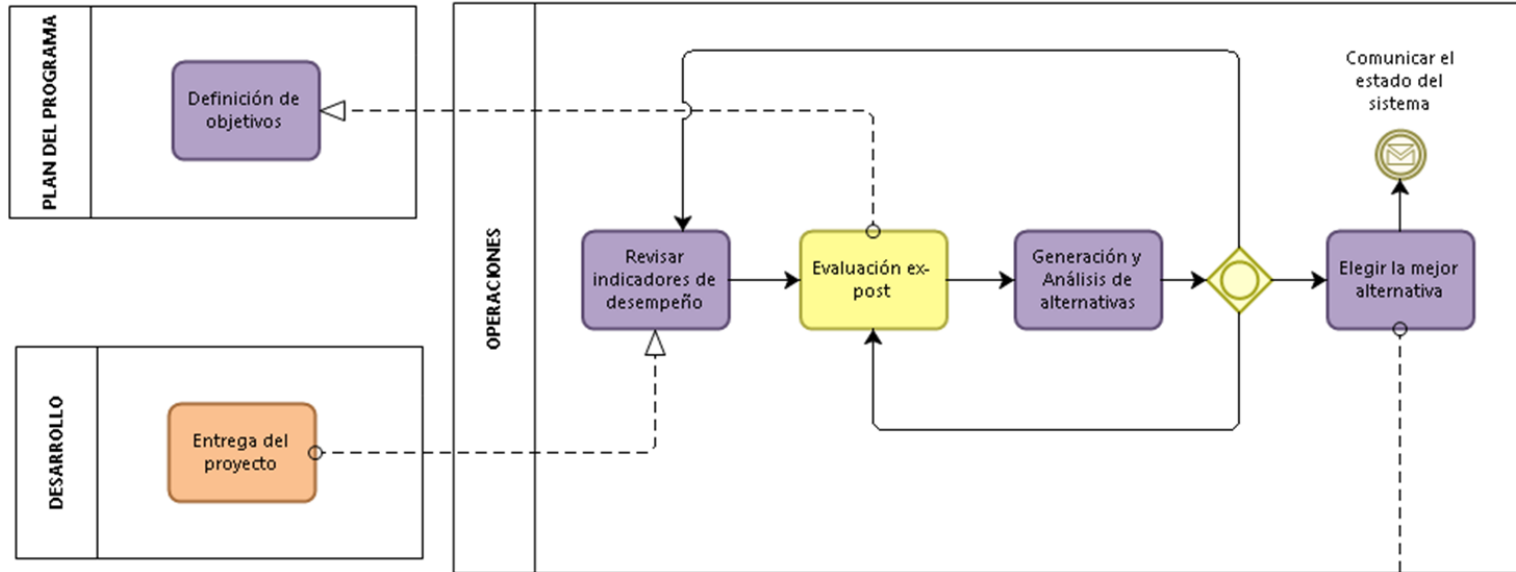
# PLANEACIÓN DEL PROYECTO



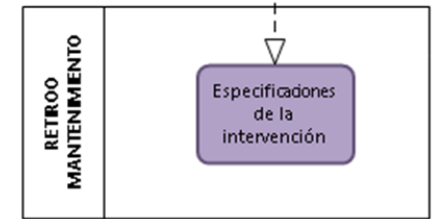
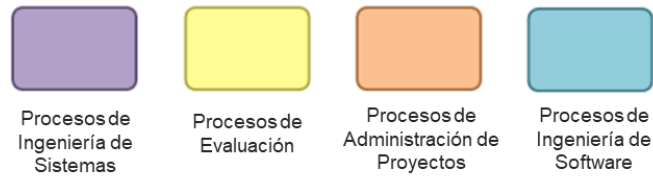


## PLANEACIÓN DEL PROGRAMA

## PROSECUCIÓN TÉCNICA

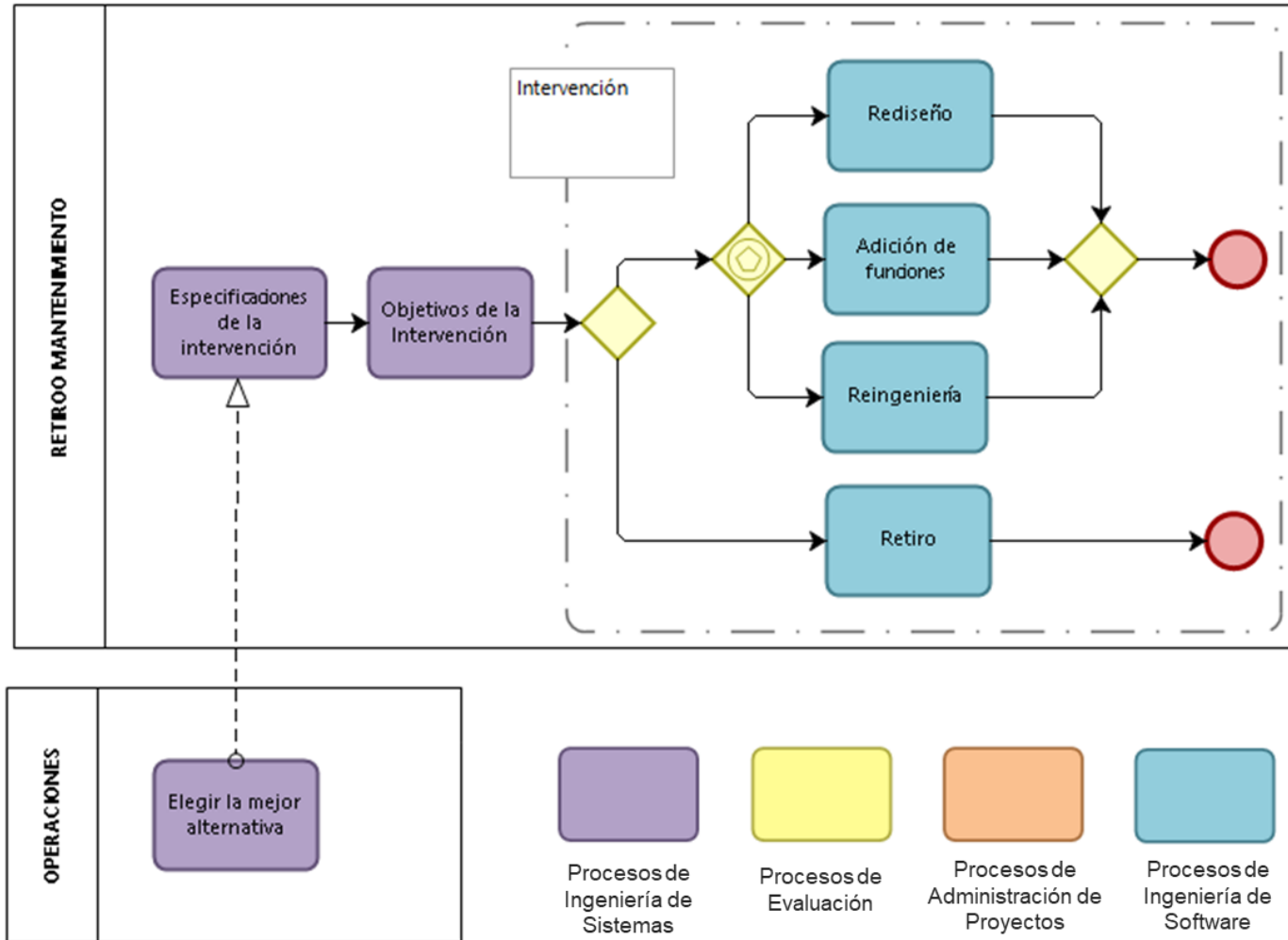


## DESARROLLO DEL PROYECTO



## PROSECUCIÓN TÉCNICA

# PROSECUCIÓN TÉCNICA



## Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas a través de Videos

### **Introducción**

El presente documento contiene el análisis y la propuesta de diseño conceptual para el desarrollo del Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones (SEPEV), que podrá ser desarrollado en la Dirección de Procesamiento de la Información para ser utilizado en el proyecto de evaluación PLANEA Preescolar en la prueba de Lenguaje y Comunicación.

La finalidad del sistema será proveer a la Dirección de Evaluaciones Nacionales de Resultados Educativos (DENRE) de una herramienta que ayude a la realización de la evaluación de la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar que se videograbó durante su aplicación. Esta evaluación podrá llevarse a cabo de manera colaborativa y permitirá proporcionar indicadores del nivel de acuerdo que tienen los evaluadores con respecto a las evaluaciones realizadas.

El presente documento describe en la primera sección los antecedentes y el marco normativo para el desarrollo del proyecto. La segunda sección presenta el objetivo y la justificación. En la tercera parte se realiza el análisis del sistema y en la cuarta el diseño conceptual. Por último, se encuentran los comentarios finales.

### **Antecedentes**

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) es un organismo público autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que cuenta con plena autonomía técnica, de gestión y presupuestaria para determinar su organización. Dentro de las funciones principales se encuentra la de evaluar el Sistema Educativo Nacional (SEN), por lo que lleva a cabo un conjunto de Proyectos de Evaluación que permiten conocer aspectos tales como el logro en el aprendizaje y habilidades de los alumnos, condiciones básicas de las escuelas para el aprendizaje, aspectos de infraestructura, y condiciones de trabajo de docentes y directores.

Por lo anterior, la Dirección de Procesamiento de la Información (DPI) propone el proyecto de desarrollo de un Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones, con la finalidad de contribuir a la mejora de la confiabilidad y validez de los resultados del proceso de aplicación y evaluación de los instrumentos.

Con fundamento en el artículo 71 del Estatuto Orgánico del INEE, la DGLPD tiene las siguientes atribuciones que sustentan la realización del proyecto “Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones (SEPEV)”:

Artículo 71 del Estatuto Orgánico del INEE:

“...VII. Determinar los mecanismos, sistemas y servicios de captura que requieran las mediciones, evaluaciones y estudios del Instituto, en coordinación con la DGIST [Dirección General de Informática y Servicios Técnicos].

VIII. Desarrollar herramientas tecnológicas para el levantamiento y procesamiento de datos de las evaluaciones que realice el Instituto, con base en los requerimientos de las unidades administrativas que corresponda y conforme a los estándares que emita la DGIST....”

Además, el proyecto está alineado con los siguientes objetivos estratégicos:

- La evaluación de los componentes, procesos y resultados del Sistema Educativo Nacional genera información y conocimiento orientados hacia la mejora de la calidad y la equidad de la educación.
- El Instituto emite normatividad para la evaluación, supervisa su aplicación y fortalece capacidades técnicas en el ámbito nacional y local para asegurar la calidad de las evaluaciones que se llevan a cabo en el marco del SNEE.

## **Objetivo**

El objetivo este proyecto es diseñar un sistema de cómputo que permita realizar las evaluaciones de la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar a partir de sus videograbaciones. En un principio será utilizado en el PLANEA Preescolar y posteriormente, podrá ser empleado en otros proyectos de evaluación que requieran ser evaluados a través de videograbaciones o mediante un comité de evaluadores (de forma posterior a la aplicación de la prueba).

## **Justificación**

El INEE requiere de una herramienta de cómputo para la evaluación de las pruebas educativas con videograbaciones que contribuya a mejorar las funciones de evaluación.

La necesidad surge del proyecto de grabación del PLANEA Preescolar que durante la aplicación de la prueba genera videos como elementos útiles para llevar a cabo la evaluación. Para lo anterior, se ha propuesto el diseño de un sistema de cómputo que brinde los siguientes beneficios:

- a) Contribuir al cumplimiento de las funciones del INEE atribuidas por su normatividad
- b) Fomentar el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación
- c) Ayudar a desarrollar evaluaciones confiables
- d) Contribuir en la mejora de la capacitación de los aplicadores

- e) Reducir los efectos de los factores en el sitio de la aplicación, que puedan afectar la evaluación
- f) Sistematización y automatización de la evaluación de la prueba de Lenguaje y Comunicación con base en rúbricas y videos

Con base en lo anterior, y de acuerdo con la DENRE<sup>17</sup>, las videograbaciones de la prueba de Lenguaje y Comunicación se utilizarán para:

- a) Calibrar las rúbricas y analizar la confiabilidad
- b) Evaluar al personal que participa en la aplicación y evaluación
- c) Realizar un ejercicio de evaluación de los alumnos a partir de la videograbación
- d) Comparar las evaluaciones realizadas de manera directa y las realizadas a partir de los videos
- e) Generar soporte documental de la aplicación

## **Análisis**

El análisis de requerimientos permite especificar las características que tendrá el software, por lo que es necesario que primero se describa la concepción general del sistema, y posteriormente se detallen los requisitos, las reglas y los alcances del sistema. Los requisitos se dividen en requerimientos de alto nivel, los que sintetizan y describen de forma general el sistema y, los requerimientos específicos que a su vez se subdividen en requerimientos funcionales y no funcionales.

El Sistema para la Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones (SEPEV) permitirá la realización de las evaluaciones de la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar a partir de las videograbaciones obtenidas durante su aplicación, las cuales deberán almacenarse en el sistema para su revisión y visualización.

La herramienta de cómputo permitirá cargar los videos en el sistema, asignar los videos a los evaluadores y dar seguimiento al proceso de evaluación. Además, se podrá almacenar y controlar las videograbaciones, lo que ayudará a realizar la evaluación de la prueba a través de los videos de forma ordenada y de manera colaborativa. Los evaluadores podrán realizar la consulta de los instrumentos de la prueba (cuadernillo de la aplicadora, rúbrica de evaluación, etc.) y los videos. Además, facilita la obtención de los reportes generados en los diversos momentos del proceso en el uso del sistema.

---

<sup>17</sup> Documento proporcionado por la DENRE “Análisis de videograbaciones: Aplicación piloto de la prueba PLANEA de Preescolar Lenguaje y Comunicación”.



### ***Requerimientos de alto nivel***

Se requiere una herramienta de cómputo que ayude a realizar la evaluación de los estudiantes en la prueba de Lenguaje y Comunicación a través de los videos, que permita cargar los videos en el sistema, la asignación de videos a los evaluadores y dar seguimiento al proceso de evaluación. Permitirá almacenar y controlar las videograbaciones, lo que ayudará a realizar la evaluación de la prueba a través de los videos de forma ordenada y de manera colaborativa.

En un principio, este sistema se desarrollará para ser utilizado en la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar. Actualmente, la prueba de Lenguaje y Comunicación se realiza con la participación de una aplicadora que conduce la prueba y una evaluadora, que, a partir de las respuestas del estudiante, asigna una puntuación con base en una rúbrica de evaluación mediante un proceso de interpretación y emisión de un juicio. Es la evaluadora, quien a través de su juicio como experto valora las respuestas del estudiante.

A continuación, se describen los elementos que deberán considerarse para el desarrollo del sistema, específicamente los instrumentos de la prueba de Lenguaje y Comunicación.

#### ***Instrumentos de evaluación del PLANEA Preescolar***

El sistema está diseñado para atender la necesidad particular de realizar las evaluaciones de las videograbaciones obtenidas de la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar, por lo que en un primer momento el sistema será utilizado para esta prueba, el cual está conformado por diferentes instrumentos de evaluación como el cuadernillo de la aplicadora, el cuadernillo del evaluador (rúbrica de evaluación) y elementos adicionales como figuras y textos.

El sistema deberá permitir la carga de los instrumentos de evaluación, con el objeto de que el evaluador pueda visualizar las preguntas, la rúbrica de evaluación y los elementos digitales adicionales como imágenes, textos y otros materiales necesarios para realizar la evaluación de las respuestas proporcionadas por el estudiante. Enseguida se muestran y describen de manera general los instrumentos que conforman la prueba de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar.

##### ***a) Cuadernillo de la aplicadora***

El cuadernillo de la aplicadora es parte importante de la prueba de Lenguaje y Comunicación pues contiene las preguntas necesarias para conducir la aplicación. En la imagen 1 se muestra la portada del cuadernillo de la aplicadora y en la imagen 2, un ejemplo de una de las preguntas.



**Imagen 1. Portada del cuadernillo de la aplicadora (INEE).**

3. La aplicadora presenta la situación comunicativa que enmarca este reactivo. Enseguida, muestra al niño una lámina y le pide que describa lo que ve en ella.

**Material:**

- Imagen apegada a la realidad



—Mira, (nombre del niño), observa esta imagen con atención y dime lo que está pasando.

—(Si al describir la imagen el niño sólo menciona los objetos, invítelo a ampliar su respuesta: **¿y qué está pasando?** Si expresa una interpretación fantástica que claramente no se relaciona con los elementos visibles, pídale: **dime qué pasa en esta imagen**). **¿Es todo,** (nombre del niño), **o quieres agregar algo más?**

—Muchas gracias por la información.

**Imagen 2. Pregunta del cuadernillo de la aplicadora (INEE).**

**b) Rúbrica de evaluación**

El cuadernillo para el evaluador contiene básicamente la rúbrica de evaluación que corresponde a las preguntas contenidas en el cuadernillo de la aplicadora. Cabe mencionar que este cuadernillo no contiene las preguntas del instrumento, por lo que es necesario poder visualizar también el cuadernillo de la aplicadora. En la imagen 3 se muestra la Portada del Cuadernillo para el evaluador y en la imagen 4 se muestra una parte de la Rúbrica de evaluación.

**INEE**  
Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación

Aplicación piloto

**Cuadernillo para el evaluador**

▲ Información de la escuela

Entidad: \_\_\_\_\_ Nombre de la escuela: \_\_\_\_\_  
CCT: \_\_\_\_\_ Folio de la escuela: \_\_\_\_\_  
Turno: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_  
Municipio: \_\_\_\_\_ Código del alumno: \_\_\_\_\_

▲ Información del alumno

Grupo escolar: \_\_\_\_\_ Folio del alumno: \_\_\_\_\_  
Nombre(s) y primer apellido: \_\_\_\_\_  
Sexo: Hombre  Alumno sin discapacidad   
Mujer  Alumno con discapacidad que respondió sin apoyo   
Alumno con discapacidad que respondió con apoyo   
Fecha de nacimiento: 20 \_\_\_\_ año \_\_\_\_ mes \_\_\_\_ día

▲ Tiempo de aplicación

Formato de 24 horas

Hora de inicio: \_\_\_\_:\_\_\_\_  
Hora de término: \_\_\_\_:\_\_\_\_

▲ Código del cuestionario

Docentes	Padres
1 <input type="radio"/>	1 <input type="radio"/>
2 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>
3 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>
4 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>
5 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>

**Imagen 3. Portada del Cuadernillo para el evaluador (INEE).**

3. Línea de evaluación: Narrar sucesos  
Describir personas, personajes, objetos o lugares.



- 0  
 1  
 2
- 6     7     9

- 0= Menciona elementos que no se relacionan con la imagen: "Está una fiesta con un pastel".  
Nombra elementos de la escena (objetos o personas): "Hay una mamá y un papá y una mesa y el refrigerador".  
Menciona acciones de la escena sin especificar quien las realiza: "Éste toma la taza. Otros comen. Está cocinando".
- 1= Menciona acciones aisladas de la escena e indica quien las realiza: "La abuela cocina. Los niños comen. La sopa se calienta. La mamá lleva el plato de comida".  
Describe una sola acción de manera detallada: "El papá lleva muy rápido la taza".
- 2= Describe de manera detallada las acciones que se desarrollan en la imagen, para ello utiliza adjetivos y adverbios: "La familia está cocinando, los niños toman agua de jamaica y la mamá lleva comida sana".  
Relaciona las acciones de la escena empleando marcadores discursivos para unir sus oraciones

Observaciones e incidencias:

#### Imagen 4. Rúbrica de evaluación para una pregunta (INEE).

##### c) Otros elementos de la prueba

Adicionalmente, se utilizan otros elementos didácticos para llevar a cabo la aplicación, tal es el caso de figuras, láminas, textos, etc. Los cuales se incluyen como parte del instrumento, por lo que será necesario que dichos elementos puedan cargarse y visualizarse de forma adecuada



#### Imagen 5. Lámina didáctica necesaria para responder preguntas (INEE).

### ***Usuarios que participan en la evaluación de Lenguaje y Comunicación***

Entre los usuarios que participan en los procesos de evaluación, podemos distinguir tres roles genéricos (Administrador, Usuarios-DINEE y Usuarios-evaluadores), sin embargo, en cada uno de estos roles se pueden especificar funciones y accesos para las Direcciones Generales o Direcciones de Área involucradas. A continuación, se muestran los usuarios que intervienen en el uso del sistema.

- a) Administrador
  - Dirección General de Levantamiento y Procesamiento de Datos (DGLPD)
    - Dirección de Procesamiento de la Información (DPI)
- b) Usuarios-DINEE (Direcciones del INEE en las Entidades Federativas)
  - Subdirector de Procesos de Evaluación Educativa (SPEE)
- c) Usuarios-evaluadores
  - Evaluadoras

### ***Requerimientos específicos***

Los requisitos específicos para el desarrollo del sistema se describen a continuación y se dividen en: funcionales para determinar las actividades, funcionalidades y flujos del sistema, y en requisitos no funcionales para atender otros aspectos necesarios como el apego a estándares, el uso de determinadas tecnologías de desarrollo y otros aspectos institucionales o normativos.

### ***Requerimientos funcionales***

Los requisitos funcionales son los que describen las funcionalidades del sistema y por conveniencia se agrupan en categorías de la siguiente manera:

#### **A. CARGA DE ELEMENTOS**

<b>ID</b>	<b>Requisito funcional</b>	<b>Descripción</b>	<b>Usuario</b>
<b>RF1</b>	<b>Registro de operativo<sup>18</sup></b>	<b>Registrar un operativo con la finalidad de poder asignar los videos a dicho operativo.</b>	<b>DPI</b>
<b>RF2</b>	<b>Carga de la muestra<sup>19</sup></b>	<b>Cargar la muestra o visualizarla en caso de que esta sea cargada mediante otro sistema.</b>	<b>DPI</b>

<sup>18</sup> Estas funcionalidades fueron descritas y están contenidas en los requerimientos y el diseño para el desarrollo del Sistema para la Aplicación de Instrumentos de Evaluación (SAIE). Por lo que se considera que el presente sistema deberá integrarse con el SAIE.

<sup>19</sup> Ibidem

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
RF3	Carga de instrumentos (preguntas y rúbrica del evaluador)	Cargar las preguntas contenidas en el cuadernillo de la aplicadora, así como la rúbrica del evaluador.	DPI
RF4	Carga de elementos multimedia, imágenes, lecturas, etc.	Incluir las imágenes y materiales didácticos como cuentos y libros que se utilizaron durante la aplicación.	DPI
RF5	Carga de la lista de los alumnos que aplicaron	Cargar la lista de los alumnos que se examinaron con respecto a la muestra establecida.	DPI, SPEE
RF6	Carga de videos	Cargar los videos obtenidos en las aplicaciones de los instrumentos de evaluación. La siguiente información estará asociada al video: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos del operativo</li> <li>• Entidad de aplicación</li> <li>• Escuela</li> <li>• Instrumento de Evaluación</li> <li>• Número de forma</li> <li>• Datos del alumno</li> </ul>	DPI, SPEE
RF7	Registro de evaluadores	Registrar a los evaluadores que participarán en el proceso.	DPI

## B. FUNCIONALIDADES Y VISUALIZACIÓN

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
RF8	Verificar videos y lista de alumnos examinados	Verificar que la cantidad de videos sea la indicada en la lista de alumnos examinados y que además los videos correspondan con dicha lista.	DPI, SPEE
RF9	Programar evaluación	Programar la evaluación de los videos para un periodo determinado.	DPI
RF10	Establecer el número de evaluadores por video	Indicar cuántos evaluadores por video serán asignados.	DPI
RF11	Realizar estimaciones de las cargas de trabajo	Estimar el número de evaluadores necesarios y el tiempo requerido para llevar a cabo las evaluaciones de los videos cargados, según algunos parámetros establecidos.	DPI

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
RF12	Asignación de videos	<p>Asignar los videos por evaluar, de forma manual o automática. Un video puede estar asignado a dos o más evaluadores con la finalidad de realizar un proceso de validación y confiabilidad a través del uso de algún elemento como el cálculo del coeficiente de concordancia Kappa<sup>20</sup>, por mencionar un ejemplo.</p> <p>La asignación de videos podrá realizarse de manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoria</li> <li>• Sistemática</li> <li>• Directa</li> </ul>	DPI
RF13	Crear cuenta de acceso y contraseña para evaluadores	Generar una cuenta de acceso y contraseña para los evaluadores.	DPI
RF14	Notificar a los evaluadores y enviar cuentas de acceso y contraseñas	Enviar automáticamente la notificación a los usuarios con la información de sus cuentas de acceso y contraseñas.	DPI
RF15	Panel de evaluaciones	<p>Dar seguimiento al avance de las evaluaciones, se podrá visualizar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos del Operativo</li> <li>• Instrumento de evaluación</li> <li>• Estatus de la evaluación</li> <li>• Avance</li> <li>• Fecha de cierre de la evaluación</li> <li>• Días restantes para el cierre</li> </ul>	Evaluador
RF16	Visualización de videos	Los videos podrán ser visualizados por el administrador con las mismas funciones de visualización para el evaluador.	DPI, SPEE
RF17	Resguardo de Información condifencial	La información personal del estudiante no podrá ser mostrada al evaluador, tampoco se podrá mostrar la información de la entidad de aplicación ni otros datos que permitan la posible identificación del estudiante por parte del	Automático

<sup>20</sup> El Coeficiente kappa de Cohen es una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). En general es considerada una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia, ya que tiene en cuenta el acuerdo que ocurre por azar (Wikipedia).

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
		evaluador. Únicamente se podrá mostrar el folio u otro identificador del estudiante.	
RF18	Revisión y excusa para evaluar	Revisar los videos y en caso de existir inconveniente para evaluar algún video en particular, deberá notificarse al administrador para que le reasignen otro video.	Evaluador
RF19	Reproducción de videos	Permitir la visualización de los videos de la aplicación para su evaluación. Contendrá las siguientes opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproducir video a velocidad normal</li> <li>• Detener video</li> <li>• Reproducir video a velocidad rápida, ejemplo (x1.25, x1.5, x2)</li> <li>• Reproducir video a velocidad lenta, ejemplo (x0.75, x0.5, x0.25)</li> <li>• Moverse a una posición específica del video</li> </ul>	Evaluador
RF20	Control de volumen de los videos	Ajustar el volumen de los videos.	Evaluador
RF21	Registrar la evaluación mediante video	Mostrar una pantalla en donde se incluyan los siguientes elementos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas del cuadernillo del evaluador</li> <li>• Rúbrica del cuadernillo del aplicador</li> <li>• Espacio para respuestas</li> <li>• Video de la aplicación</li> </ul>	Evaluador
RF22	Envío de avisos de cumplimiento de plazo	Enviar un aviso al evaluador en caso de que el plazo de las evaluaciones esté próximo a vencer.	DPI
RF23	Reasignación de videos a otros evaluadores	Realizar la reasignación de videos a otros evaluadores en aquellos que no cumplen con lo requerido en los índices de concordancia u otros parámetros.	DPI

### C. CONFIGURACIÓN Y REPORTES

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
RF24	Información sobre duración de videos	Una vez cargados los videos, el sistema proporcionará la información sobre:	Automático



ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de videos</li> <li>Duración de la totalidad de los videos</li> <li>Duración promedio de los videos</li> <li>Duración mínima y máxima de los videos</li> </ul>	
RF25	Seguimiento al avance de las evaluaciones	<p>Dar seguimiento al avance de las evaluaciones, se podrá visualizar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Datos del Operativo</li> <li>Entidad de aplicación</li> <li>Escuela</li> <li>Instrumento de evaluación</li> <li>Forma</li> <li>Datos del alumno</li> <li>Estatus de la evaluación</li> <li>Avance</li> <li>Fecha de cierre de la evaluación</li> <li>Días restantes para el cierre</li> <li>Evaluador asignado</li> </ul>	DPI
RF26	Reporte del evaluador	<p>Generar un reporte de las evaluaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Avance de evaluaciones</li> <li>Total de evaluaciones realizadas</li> <li>Número de evaluadores por proyecto</li> <li>Entre otros</li> </ul>	Evaluador
RF27	Evaluación del estudiante	Observar la calificación de los estudiantes	DPI
RF28	Realizar los cálculos de las evaluaciones	Calcular el coeficiente de concordancia para las evaluaciones del mismo video. El sistema calculará automáticamente al tener los resultados de las evaluaciones.	Automático
RF29	Resultados de las evaluaciones	Mostrar los resultados de las evaluaciones realizadas por todos los evaluadores.	DPI
RF30	Resultados del cálculo de concordancias <sup>21</sup> de las evaluaciones	<p>Mostrar el resultado del cálculo de concordancia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Por evaluador</li> <li>Por video</li> </ul>	DPI
RF31	Registro de acciones de usuarios y	Registrar las operaciones que realiza cada usuario y administrador del sistema, con la	Automático

<sup>21</sup> Concordancia mediante el coeficiente de concordancia Kappa, que consiste en un método estadístico para medir la concordancia entre dos evaluadores.

ID	Requisito funcional	Descripción	Usuario
	administradores en el sistema	finalidad de llevar un control adecuado de las transacciones del sistema.	
RF32	Tipos de usuarios	El sistema permitirá trabajar con los siguientes tipos de usuarios: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Administrador- DPI</li> <li>• Usuarios-DINEE</li> <li>• Usuarios- Evaluador</li> </ul>	
RF33	Niveles de usuarios	Distinguir niveles de usuario con la finalidad de administrar el acceso al sistema y restringir o permitir determinadas funciones. En un principio se pueden definir 3 tipos de niveles de acceso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superadministrador: tiene acceso a todos los módulos y funciones del sistema</li> <li>• Administrador: tiene acceso a los módulos y funciones del sistema que permiten gestionar el proceso</li> <li>• Usuario: tiene acceso limitado a ciertos módulo y/o funciones</li> </ul>	
RF34	Información del reporte final	El reporte final debe contener la siguiente información adicional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de asignación (Aleatoria, sistemática, directa)</li> <li>• Cálculo del coeficiente de concordancia</li> <li>• Evaluación</li> <li>• Evaluación promedio</li> </ul>	DPI
RF35	Configuración de envío de mensajes y alertas	Configurar los tiempos y plazos para el envío de alertas y mensajes a los evaluadores.	DPI
RF36	Registro histórico de videos cargados	Cada video cargado deberá tener un identificador único, los videos no podrán ser “reemplazados”, el sistema almacenará los registros de cada video que ha sido subido.	DPI
RF37	Selección del tipo de asignación	Seleccionar el tipo de asignación de videos: aleatoria, sistemática o directa	DPI

A continuación, se describen algunos de los requerimientos funcionales para mayor detalle. La asignación de videos se describe mediante diferentes algoritmos de asignación. Además, se muestra un ejemplo de la estimación de las cargas de trabajo.

### *Asignación de videos*

Para realizar la evaluación de la prueba de Lenguaje y Comunicación, tomando como base los videos, es necesario asignar cada uno de los videos a los distintos evaluadores. Dicha asignación deberá realizarse de manera aleatoria<sup>22</sup> con el objeto de eliminar los posibles sesgos de asignación que pueden provocar errores de confiabilidad y validez.

La asignación de videos podrá realizarse de forma aleatoria, sistemática y en algunos casos muy específicos de manera directa. Para llevar a cabo la asignación se requiere que el número de evaluadores sea mayor o igual que el número de evaluaciones requeridas por video, con el objetivo de que un mismo video no pueda ser evaluado dos veces por el mismo evaluador. A continuación, se describen los algoritmos de asignación de videos utilizados para el desarrollo del presente sistema.

#### *a) Asignación aleatoria*

Para la asignación aleatoria se deben considerar los siguientes elementos:

- *Número de videos por evaluar (v)*
- *Número de evaluadores (e)*
- *Número de evaluadores por video (n)*

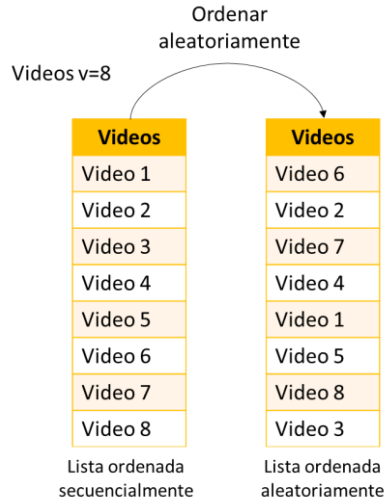
Antes de iniciar, es necesario determinar el valor de los datos que requerimos para realizar la asignación, para el ejemplo tenemos los siguientes valores:

- ◆ *v = 8 videos*
- ◆ *e = 5 evaluadores*
- ◆ *n = 3 evaluadores por video*

Para realizar esta asignación primero formamos la lista de videos por evaluar (v) y la ordenamos aleatoriamente, esta lista quedará fija después de ordenarla (ver imagen 6).

---

<sup>22</sup> La asignación aleatoria es una técnica que permite relacionar elementos, cada elemento tiene la misma oportunidad de ser asignado o seleccionado, con esto se logra tener grupos más o menos equilibrados con atributos equivalentes.



**Imagen 6. Ordenamiento aleatorio de la lista de videos.**

Enseguida seleccionamos aleatoriamente a los evaluadores necesarios para el video y los asignamos al primer video de la lista, en este caso se seleccionan 3 evaluadores debido a que cada video requiere de 3 evaluadores (n), (imagen 7).



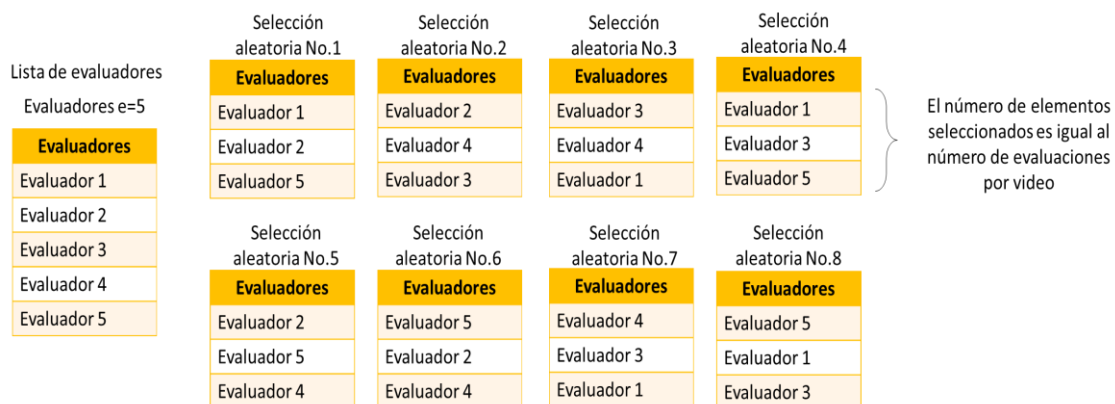
**Imagen 7. Asignación aleatoria de evaluadores al primer video.**

A continuación, repetimos el procedimiento; seleccionamos aleatoriamente a los evaluadores necesarios y los asignamos al segundo video (imagen 8).



**Imagen 8. Asignación aleatoria de evaluadores al segundo video.**

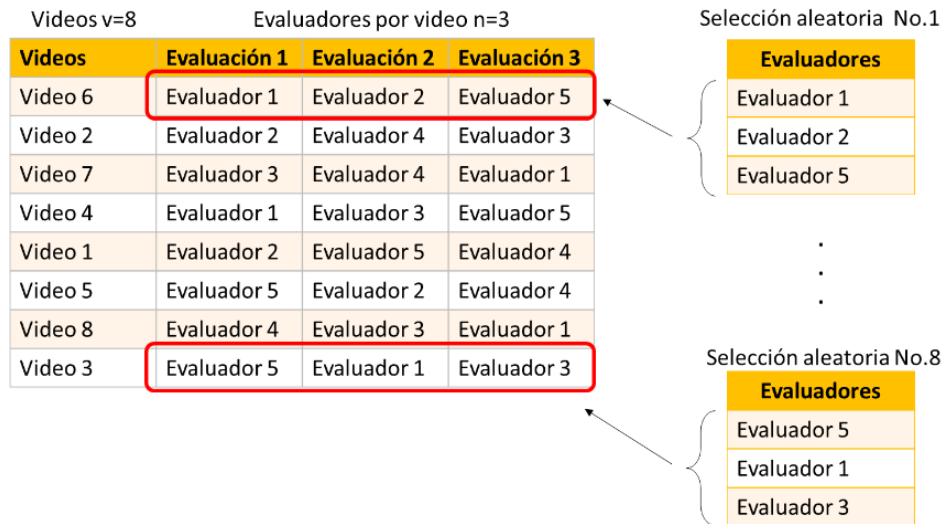
Repetimos el procedimiento hasta completar el número de videos y sus evaluaciones. Cabe mencionar que el número de veces que seleccionemos evaluadores será el mismo que el número de videos ( $v$ ) y el número de evaluadores seleccionados será el mismo que el número de evaluadores por video ( $n$ ). El resultado de la selección aleatoria de los evaluadores para los 8 videos se ilustra en la imagen 9.



**Imagen 9. Selección de evaluadores para todos los videos.**

El resultado final de la asignación aleatoria de evaluadores a los 8 videos se observa en la imagen 10.

### Asignación de videos



**Imagen 10. Ejemplo de asignación aleatoria de evaluadores a videos, para el caso de 3 evaluadores por video.**

*b) Asignación Sistemática*

La asignación sistemática es aquella en donde se realiza una selección aleatoria del primer elemento y la selección de los siguientes elementos se realiza de manera directa y ordenada a partir de una regla establecida. Para dicha selección, los elementos deben estar previamente ordenados de manera aleatoria.

Para la asignación sistemática tenemos los siguientes elementos:

- ❖ *Número de videos por evaluar (v)*
- ❖ *Número de evaluadores (e)*
- ❖ *Número de evaluadores por video (n)*

Antes de comenzar, determinamos el valor de los datos que requerimos para realizar la asignación, para el ejemplo tenemos los siguientes valores:

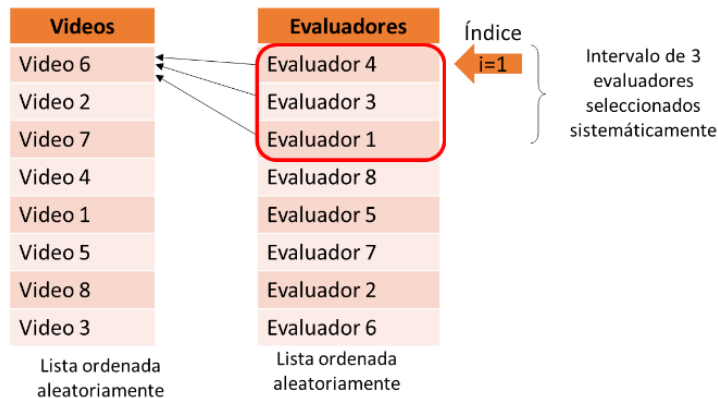
- ♦ *v = 8 videos*
- ♦ *e = 8 evaluadores*
- ♦ *n = 3 evaluadores por video*

Para realizar la asignación sistemática tomamos la lista de videos (v) y de evaluadores (e) y las ordenamos aleatoriamente, la lista de videos quedará fija después de ordenarla. En la imagen 11 se observa el ordenamiento resultante.



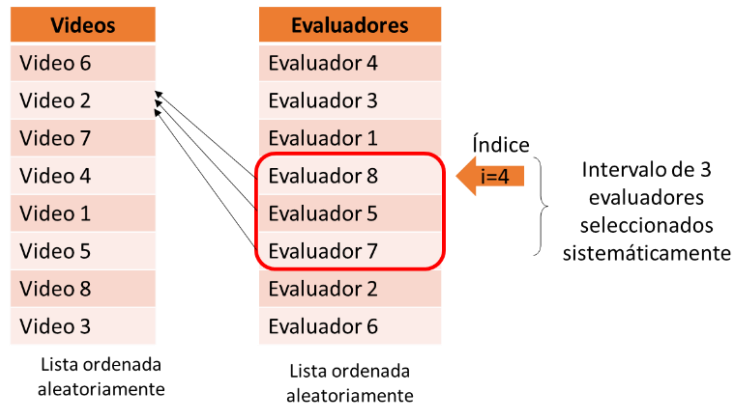
**Imagen 11. Ordenamiento aleatorio de los videos y evaluadores.**

Enseguida identificamos el primer elemento de la lista de evaluadores (a este primer elemento lo llamaremos índice) y a partir de ese elemento seleccionamos un intervalo que corresponda con el número de evaluadores por video (n), después asignamos los videos a los evaluadores, en este caso son 3 evaluadores por video (n) (imagen 12).



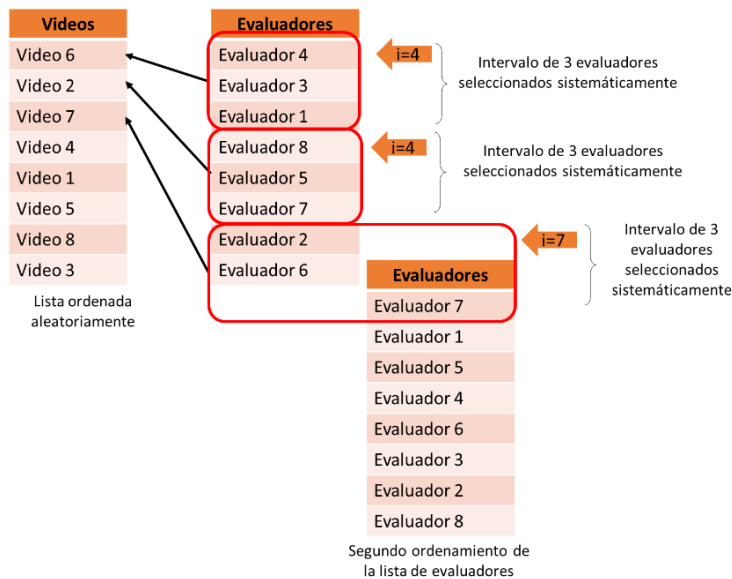
**Imagen 12. Asignación de evaluadores al primer video.**

Posteriormente, repetimos el procedimiento con la misma lista de evaluadores, pero desplazamos el índice hacia abajo determinado número de veces, este número corresponderá con el tamaño del intervalo (número de evaluadores por video (n), en este caso son 3), a partir de la nueva ubicación del índice seleccionamos el siguiente intervalo de evaluadores que corresponde con el número de evaluadores por video (n) y lo asignamos al segundo video (ver imagen 13)



**Imagen 13. Asignación de evaluadores al segundo video.**

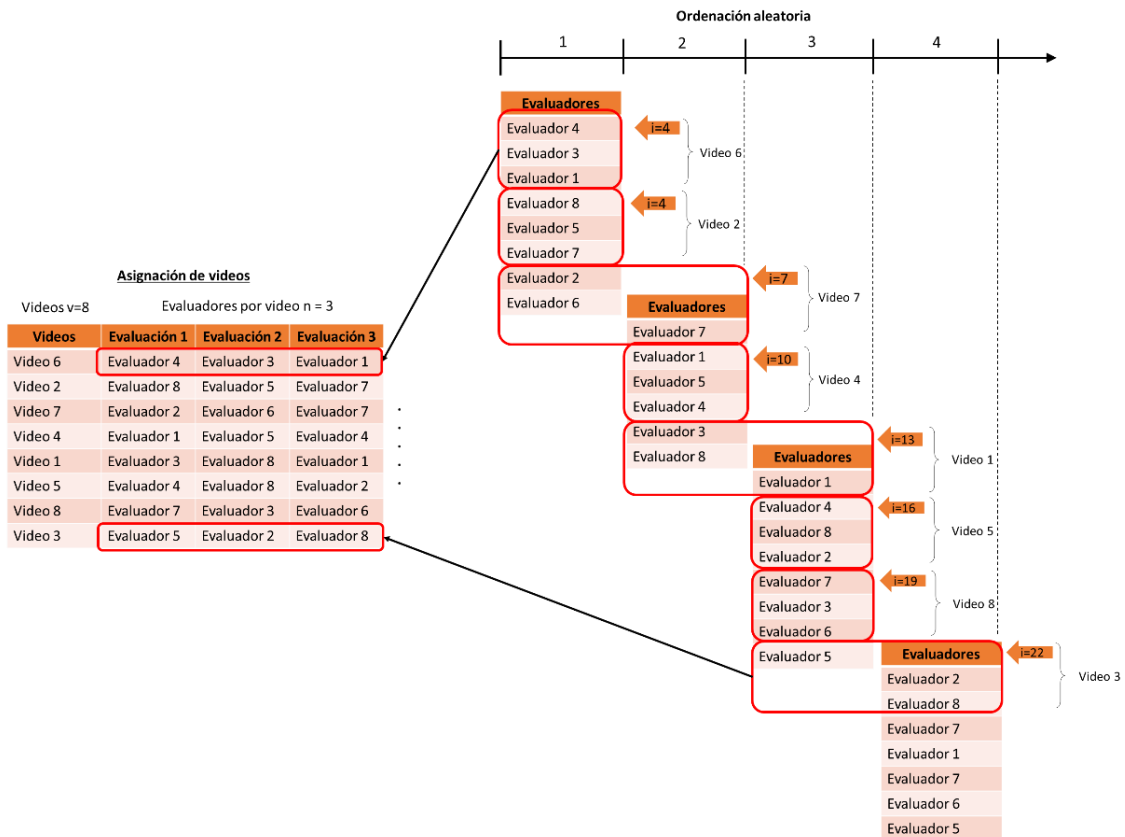
Repetimos el procedimiento desplazando el índice en cada iteración hasta asignar todos los videos, el desplazamiento del índice será igual al número de evaluadores por video (n) (en este caso son 3) y se repetirá el procedimiento tantas veces como número de videos (v) existan (para el ejemplo son 8 videos). En caso de que se terminen de asignar los evaluadores o queden incompletos para la asignación, esta lista de evaluadores se deberá reordenar de forma aleatoria a partir de los elementos restantes para completar la asignación y seguir con el proceso (imagen 14).



**Imagen 14. Selección de evaluadores para los primeros 3 videos.**

En la imagen 15 se observa el resultado de la asignación sistemática.

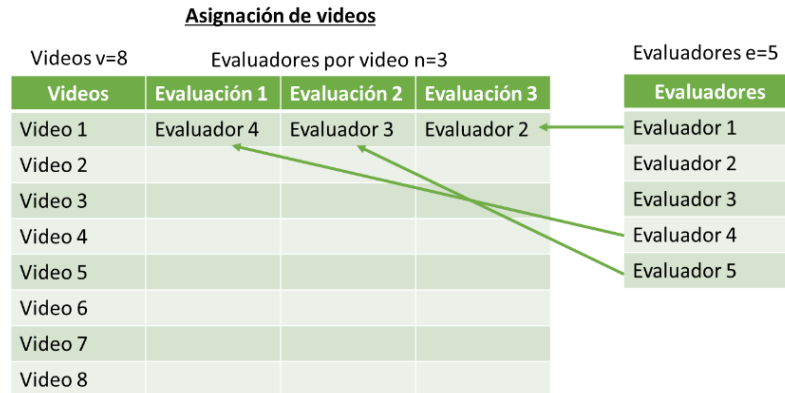




**Imagen 15. Ejemplo de asignación sistemática de evaluadores a videos, para el caso de 3 evaluadores por video.**

*c) Asignación Directa*

La asignación directa no tiene un procedimiento definido, por lo que será posible asignar evaluadores de forma arbitraria. Es importante cuidar que un mismo evaluador no sea asignado a dos o más evaluaciones del mismo video. Este procedimiento puede utilizarse para sustituir evaluadores que hayan decidido renunciar a esta actividad, cuando algún evaluador se excuse de una evaluación en particular o cuando los videos evaluados que no cumplan con las características de concordancia o confiabilidad en su evaluación.



**Imagen 16. Asignación directa.**

### *Estimación de cargas de trabajo*

Para realizar la estimación de cargas de trabajo, es necesario conocer algunos de los siguientes parámetros:

- *Número de videos para evaluar*
- *Duración total de los videos*
- *Duración promedio de los videos*
- *Duración máxima*
- *Duración mínima*
- *Tiempo estimado para realizar una evaluación (en proporción con su duración)*
- *Número de evaluaciones por video (se recomienda entre 3 y 5)*
- *Periodo de tiempo para realizar las evaluaciones*

Por ejemplo, se tiene la siguiente información:

- Proyecto: PLANEA Preescolar
- Instrumento: prueba de Lenguaje y Comunicación
- Número total de videos: 400 videos
- Número de evaluaciones por video: 3 evaluaciones por video
- Número total de evaluaciones: 400 videos X 3 evaluaciones por video = 1,200 evaluaciones
- Duración promedio de los videos: 30 minutos = 0.5 horas
- Duración total de los videos: 1,200 evaluaciones / 0.5 horas = 600 horas de reproducción total de los videos

Criterios para la evaluación:

- Cantidad de evaluadores: 20 evaluadores

- Tiempo estimado para realizar una evaluación: 60 minutos = 1 hora
- Tiempo total estimado para evaluar todos los videos: 1,200 evaluaciones X 1 hora por evaluación = 1,200 horas para todas las evaluaciones
- Jornada laboral: 6.5 horas al día
- Videos por evaluador al día: 6.5 horas / 1 hora = 6.5 evaluaciones por día = 6 evaluaciones por día

Cálculo con base en el número de evaluaciones por jornada

- Días totales de trabajo: 1,200 evaluaciones / 6 evaluaciones por día = 200 días totales de trabajo para un evaluador
- Días de trabajo: 200 días / 20 evaluadores = 10 días

Conclusión:

*Se requieren 20 evaluadores para realizar 1,200 evaluaciones correspondientes a 400 videos, en un tiempo de 10 días hábiles.*

### **Requerimientos no funcionales**

Algunos de los requisitos no funcionales de alcance general son los siguientes:

ID	Requisito No funcional	Descripción
RNF1	<b>Seguridad</b>	El sistema deberá manejar información cifrada y considerar los aspectos más importantes para la seguridad de la información.
RNF2	<b>Autenticación y duración de la sesión</b>	No se permitirá el acceso a usuarios no registrados o con contraseña inhabilitada. El tiempo de la sesión caducará después de un tiempo de espera determinado previamente, con la finalidad de salvaguardar la seguridad del sistema.
RNF3	<b>Usabilidad</b>	El sistema deberá ser sencillo de utilizar, con una guía mínima de usuario, letras legibles, realimentación al usuario con los mensajes pertinentes y oportunos.
RNF4	<b>Rendimiento</b>	El sistema deberá ejecutarse de manera óptima, no deberá permanecer en mucho tiempo de espera para cada acción solicitada.
RNF5	<b>Disponibilidad</b>	El sistema deberá de funcionar en todo momento mientras se disponga para su utilización.

ID	Requisito No funcional	Descripción
RNF6	<b>Lenguaje de programación Java</b>	<b>El sistema deberá desarrollarse con el lenguaje de programación Java.</b>
RNF7	<b>Arquitectura cliente servidor</b>	<b>El sistema deberá diseñarse con una arquitectura cliente servidor tal como lo establece la normativa del Instituto.</b>
RNF8	<b>PostgreSQL: sistema de gestión de bases de datos</b>	<b>El sistema deberá utilizar PostgreSQL como manejador y sistema de gestión de bases de datos.</b>
RNF9	<b>Apego a las normas de estilo institucionales</b>	<b>El sistema deberá apegarse al diseño, tipografía y colores institucionales del INEE.</b>
RNF10	<b>Apego al diseño web establecido por la DGIST</b>	<b>El sistema deberá cumplir con el diseño web establecido por la DGIST en el documento “Arquitectura Institucional”.<sup>23</sup></b>
RNF11	<b>Compatibilidad con formatos de videos</b>	<b>El sistema deberá permitir la carga y visualización de videos en los siguientes formatos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MP4</li> <li>• AVI</li> <li>• MOV</li> </ul>
RNF12	<b>Soporte de calidad de videos</b>	<b>El sistema deberá permitir cargar y reproducir videos en cualquier resolución incluyendo HD, Full HD y 4K.</b>
RNF13	<b>Compatibilidad con navegadores web</b>	<b>El sistema permitirá la compatibilidad con al menos los navegadores web más utilizados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mozilla firefox</li> <li>• Google Chrome</li> <li>• Microsoft Edge</li> <li>• Internet Explorer</li> </ul>
RNF14	<b>Capacidad de usuarios concurrentes</b>	<b>Debido a que el sistema tendrá como funcionalidad principal la reproducción de videos, deberá contar con la capacidad para proporcionar los recursos a los usuarios sin interrupción, o bien deberá encontrarse un mecanismo que permita reproducir los videos de forma continua en los equipos de todos los usuarios concurrentes.</b>

<sup>23</sup> Arquitectura Institucional: Arquitectura de Referencia y Arquitectura Institucional: Estándares de usabilidad para sitios web del INEE. Son documentos de la DGIST en donde se establecen los criterios y estándares técnicos para el desarrollo de sistemas.

Otros requisitos de tipo no funcional y de caracter institucional se encuentran apegados a los lineamientos y estándares establecidos por la DGIST en los documentos “Arquitectura de Referencia”<sup>24</sup>, los cuales establecen los principios para el desarrollo de sistemas y la tecnología que deberá ser utilizada.

Algunas restricciones y reglas de funcionamiento del sistema y del flujo del proceso de evaluación se describen a continuación:

ID	Restricciones y reglas de funcionamiento	Descripción
RN1	<b>Restricción para modificar videos asignados</b>	Una vez asignados los videos, no se podrá editar información de dichos videos, ni tampoco se permitirá sustuir o eliminar el video.
RN2	<b>Solicitud de tiempo adicional para concluir evaluaciones</b>	Si el evaluador no concluye en el tiempo programado, podrá solicitar una prórroga que solo podrá autorizar el administrador del sistema.
RN3	<b>Tiempo de evaluación</b>	El tiempo que debe destinar un evaluador para realizar una evaluación debe ser como mínimo el tiempo de duración el video.
RN4	<b>Regla de evaluación</b>	No se permitirá terminar la evaluación si no se ha reproducido al menos una vez de forma completa el video.
RN5	<b>Restricción</b>	No deben quedar videos sin asignar antes de concluir el periodo de evaluación.
RN6	<b>Plazo de asignación de videos</b>	En caso de que se defina un plazo, la asignación de videos deberá ser consistente con el tiempo definido.
RN7	<b>Tipo de asignación de videos</b>	La asignación de videos podrá ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aleatoria</li> <li>• Sistemática</li> <li>• Directa</li> </ul>
RN8	<b>Regla para la reasignación de videos</b>	Los videos evaluados con un índice de concordancia bajo, deberán poder ser reasignados de forma automática.

<sup>24</sup> Arquitectura Institucional: Arquitectura de Referencia y Arquitectura Institucional: Estándares de usabilidad para sitios web del INEE. Son documentos de la DGIST en donde se establecen los criterios y estándares técnicos para el desarrollo de sistemas.

ID	Restricciones y reglas de funcionamiento	Descripción
RN9	<b>Regla para la reasignación de videos</b>	El sistema no deberá permitir que un video sea reasignado al mismo evaluador o grupo de evaluadores, éstos deben ser otros.
RN10	<b>Regla para la reasignación de videos</b>	El sistema no deberá permitir que un video sea asignado al mismo evaluador para más de una evaluación.
RN11	<b>Estatus de los videos</b>	<p>El estatus de los videos debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cargado:</b> subido al sistema, sin revisión.</li> <li>• <b>Cancelado / inhabilitado:</b> no disponible para su revisión o asignación.</li> <li>• <b>Verificado:</b> Revisado, coincide con el registro de alumnos examinados. El formato de video y la calidad son adecuados.</li> <li>• <b>Validado:</b> El video corresponde a la aplicación que se desea evaluar.</li> <li>• <b>Asignado:</b> Es un video verificado y validado que además se asignó a un evaluador.</li> <li>• <b>Para reasignación:</b> Requiere ser reasignado, debido a que no se obtuvieron los resultados confiables en la evaluación.</li> <li>• <b>Reasignado:</b> Video asignado nuevamente a otros evaluadores después de no haber obtenido un conceso sobre sus resultados en la evaluación.</li> <li>• <b>Evaluated:</b> video evaluado</li> </ul>
RN12	<b>Plazo para realizar las evaluaciones</b>	El sistema no permitirá realizar evaluaciones fuera del periodo indicado
RN13	<b>Regla para la asignación de videos</b>	No se permitirá asignar videos si antes no han sido verificados.
RN14	<b>Evaluaciones simultáneas por evaluador</b>	El evaluador solo podrá evaluar un video a la vez.
RN15	<b>Número de sesiones simultáneas</b>	El sistema no permitirá ingresar con el mismo usuario en dos o más equipos simultáneamente.
RN16	<b>Tiempo y plazos para notificaciones</b>	Los tiempos de alertas y envío de notificaciones a los evaluadores y usuarios serán determinados por el administrador del sistema de manera previa a la asignación de videos.

## **Diseño**

El diseño conceptual que atiende al requerimiento general que justifica la creación del Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videgrabaciones se describe a continuación. También se detallan los elementos de la solución recomendada, primero se muestra un esquema gráfico de los módulos y submódulos del sistema, después se presenta el diseño de la base de datos y finalmente, se presenta el diagrama del proceso (flujo de actividades), la estructura de los menús y los niveles de acceso a los distintos módulos y submódulos.

### ***Descripción general***

La solución recomendada consiste en el desarrollo de un Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videgrabaciones. El sistema permitirá realizar la evaluación de los instrumentos de forma colaborativa y fuera de sitio a través de las videgrabaciones de las aplicaciones.

El sistema además permitirá almacenar las videgrabaciones y acceder a dichas videgrabaciones con la finalidad de que sean evaluadas con respecto a una rúbrica de evaluación que forma parte del instrumento de Lenguaje y Comunicación del PLANEA Preescolar.

Se contemplan algunas funciones que pueden estar consideradas en otros sistemas como el Sistema para la Aplicación de Instrumentos de Evaluación (SAIE)<sup>25</sup> por lo que es preciso verificar si es necesario que ambos sistemas cuenten con dichas funciones en común o si es requerido evitar la duplicidad.

### ***Módulos del Sistema***

El Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videgrabaciones se conforma por cinco módulos y sus respectivos submódulos que se muestran en el siguiente diagrama jerárquico.

---

<sup>25</sup> Sistema que se encuentra como propuesta de desarrollo.



**Imagen 17. Diagrama Jerárquico de los módulos y submódulos del Sistema.**

A continuación, se describen los módulos que conforman el Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones.

Núm	Módulo	Descripción
1	<i>Gestión de Operativos</i> <sup>26</sup>	<b>Administra aspectos relativos a los operativos, por ejemplo, el registro de operativos, la carga de los instrumentos relacionados con la prueba en específico y la carga de las muestras tanto de escuelas como de alumnos para cada operativo.</b>
2	<i>Gestión de la Evaluación</i>	<b>Permite la carga, revisión y validación de los videos de cada operativo, ayuda a realizar la programación de la evaluación y a estimar las cargas de trabajo para la evaluación a partir de los criterios definidos en el módulo de Configuración.</b>
3	<i>Evaluación</i>	<b>Realiza la asignación de videos y proporciona a los evaluadores un medio para visualizar y gestionar los videos que tienen asignados, así como para realizar la evaluación de cada video con base en los instrumentos de</b>

<sup>26</sup> Este módulo y sus funcionalidades están considerados en el diseño del Sistema para la Aplicación de Instrumentos de Evaluación (SAIE).



Núm	Módulo	Descripción
		<b>evaluación (preguntas y rúbrica). También permite dar seguimiento al avance y estado de las evaluaciones.</b>
4	<i>Configuración</i>	<b>Establece los parámetros para la evaluación, tales como la estimación de cargas de trabajo y el número de evaluaciones por video, entre otros. Permite realizar la configuración del sistema.</b>
5	<i>Reportes</i>	<b>Facilita la obtención de los reportes generados en los diversos momentos del proceso en el uso del sistema.</b>

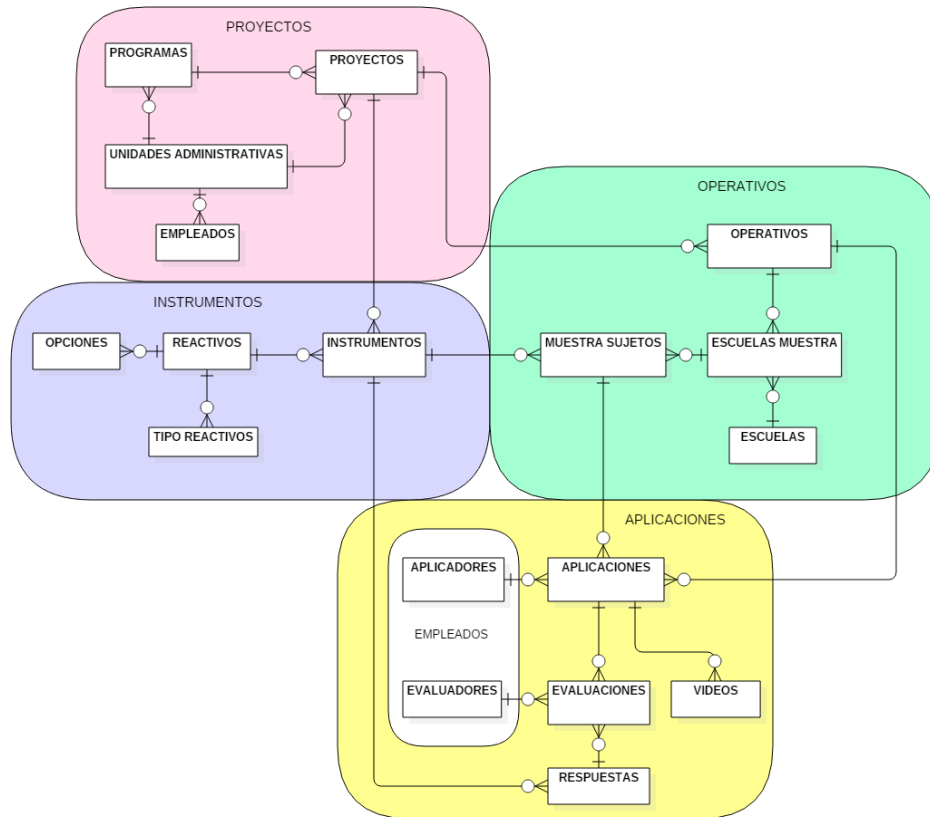
### ***Diseño de la Base de Datos***

La estructura de la base de datos del Sistema de Evaluación de Pruebas Educativas con Videograbaciones se encuentra representado en el siguiente diagrama de entidad - relación.

#### ***Diagrama Entidad – Relación***

Un diagrama de entidad-relación permite organizar la información en estructuras de datos compuestas por tablas de datos y sus relaciones que permiten a su vez mantener la consistencia de los datos, evitar su duplicidad.

La estructura de la base de datos agrupa las tablas en cuatro bloques con la finalidad de que pueda identificarse fácilmente la utilidad de dichas tablas para el funcionamiento del sistema. El bloque “Proyectos” agrupa tablas para organizar la información correspondiente a los programas y proyectos de evaluación del INEE; el bloque “Instrumentos” permite organizar la estructura de los instrumentos de evaluación de forma general, incluye los instrumentos y sus respectivos reactivos; el bloque “Operativos” sistematiza la información de los operativos, que permite identificar y organizar la información que será útil para los levantamientos en campo, entre la información que organiza, se encuentra la muestra de escuelas y de sujetos (alumnos, docentes, directores). Finalmente, se encuentra el conjunto de tablas que permite organizar y obtener la información de las aplicaciones y realizar sus evaluaciones, estas tablas se encuentran contenidas en el bloque “Aplicaciones”.



**Imagen 18. Modelo de Entidad-Relación.**

El conjunto de tablas mostrado en el diagrama anterior considera solo las tablas generales de la base de datos, cuando se inicie el desarrollo del sistema, será necesario agregar tablas específicas para el sistema.

***Integridad de los datos***

Para tener una base de datos que garantice la integridad se requiere de un análisis para el establecimiento de reglas de validación a nivel de integridad referencial de las tablas, nivel de tabla, nivel de dominio, nivel de registro y nivel de atributo.

a) **Integridad Referencial**

Permite que todos los registros se relacionen de manera consistente con las tablas correspondientes, verificando que los datos sean correctos, evitando repeticiones innecesarias, datos perdidos o tablas no referenciadas.

b) **Integridad de dominio**

Se definen las reglas a nivel dominio, las cuales consisten en delimitar el tipo y la longitud máxima de los atributos o campos.

- c) **Integridad de atributo**  
Se establecen reglas a nivel de atributo, para realizar la definición de los valores posibles, los rangos, las expresiones regulares y en general las validaciones de datos a nivel de base de datos.
- d) **Integridad de registro**  
Permite restringir los valores de los registros para garantizar la integridad y coherencia de los datos almacenados en un mismo registro.

Particularmente, la integridad referencial es una característica requerida para el funcionamiento ideal de una base de datos. Con esta característica garantizamos que todos los registros se relacionen de manera consistente con las tablas correspondientes, verificando que los datos sean correctos, evitando repeticiones innecesarias, datos perdidos o tablas no referenciadas.

Reglas para las operaciones básicas de:

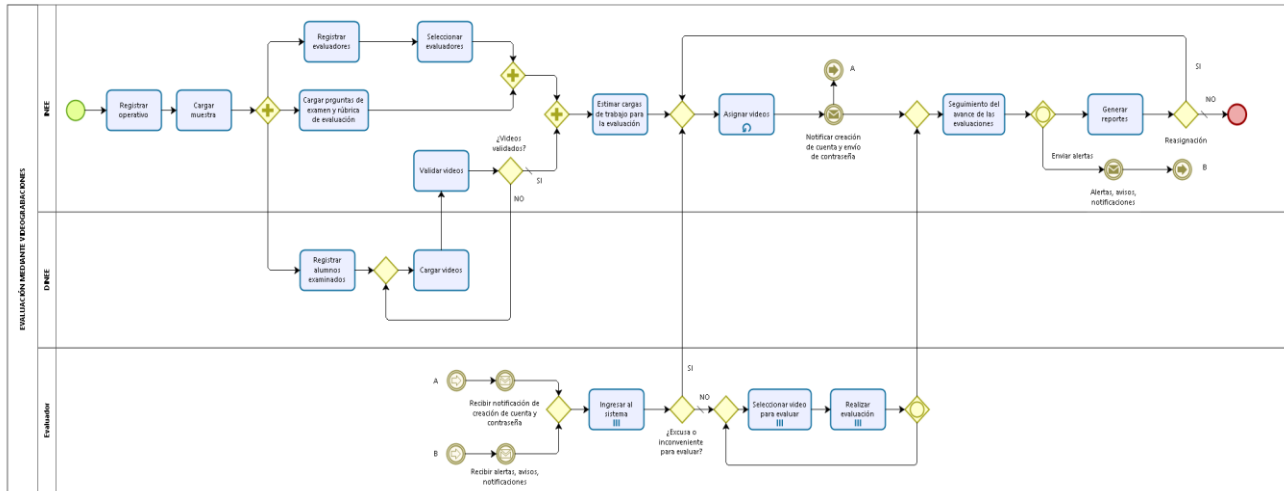
- a) **Eliminación**
  - No se permite el borrado normal ni en cascada para los registros de las tablas que tengan asociados registros de tablas inferiores.
  - Se permite únicamente eliminar registros que no tengan asociados a su vez otros registros de tablas inferiores o jerárquicamente dependientes.
- b) **Actualización**
  - Se permite la actualización de los datos de las tablas bajo ciertas restricciones.
  - No se permite la actualización para la llave de cada una de las tablas.
  - Solo se permite la actualización de un identificador si las tablas jerárquicamente dependientes no contienen datos asociados a la tabla superior.
- c) **Inserción**
  - Se permite la inserción de nuevos registros para todas las tablas bajo ciertas restricciones.
  - La inserción de registros está condicionada a la existencia de registros en una tabla relacionada de categoría superior.

### ***Diseño del sistema***

Como parte del diseño del sistema se incluye el modelo del proceso de evaluación, el modelado del flujo de actividades, la navegación, la descripción de los módulos, submódulos y componentes, así como los procesos involucrados.

### Flujo de actividades del sistema

El proceso de evaluación actualmente se realiza durante la aplicación de la prueba, por lo que no existe un modelo que describa el proceso de evaluación realizado fuera de sitio o posterior a la aplicación. La propuesta del nuevo proceso de evaluación será como el que se muestra y describe a continuación



**Imagen 19. Proceso de Evaluación de Videos de Instrumentos de Evaluación.**

El flujo general del sistema se muestra en el diagrama anterior y se describe a continuación:

- Previamente se registra un operativo y se carga su respectiva muestra de escuelas y alumnos en el Sistema para la Aplicación de Instrumentos de Evaluación (SAIE)<sup>27</sup> previamente diseñado, en donde existe la funcionalidad de realizar el registro del operativo y la carga de la muestra.
- Se carga la rúbrica de evaluación y las preguntas en el módulo de instrumentos del SAIE, o bien mediante una funcionalidad semejante en el actual sistema que permita la carga de instrumentos con elementos adicionales como imágenes, láminas y libros de texto.
- Se pueden cargar y seleccionar previamente a los evaluadores que participarán en el proceso de asignación de videos y evaluación.
- Se carga la lista de los alumnos examinados.
- En las DINEE se cargan en el servidor del INEE los videos en el formato correcto y con la información necesaria.
- Se compara la correspondencia entre los videos y la lista de alumnos examinados con la finalidad de observar algún archivo o video faltante.
- Se verifica que los videos sean correctos, el sistema verifica automáticamente el formato y otras características de los archivos, sin embargo, si los videos no

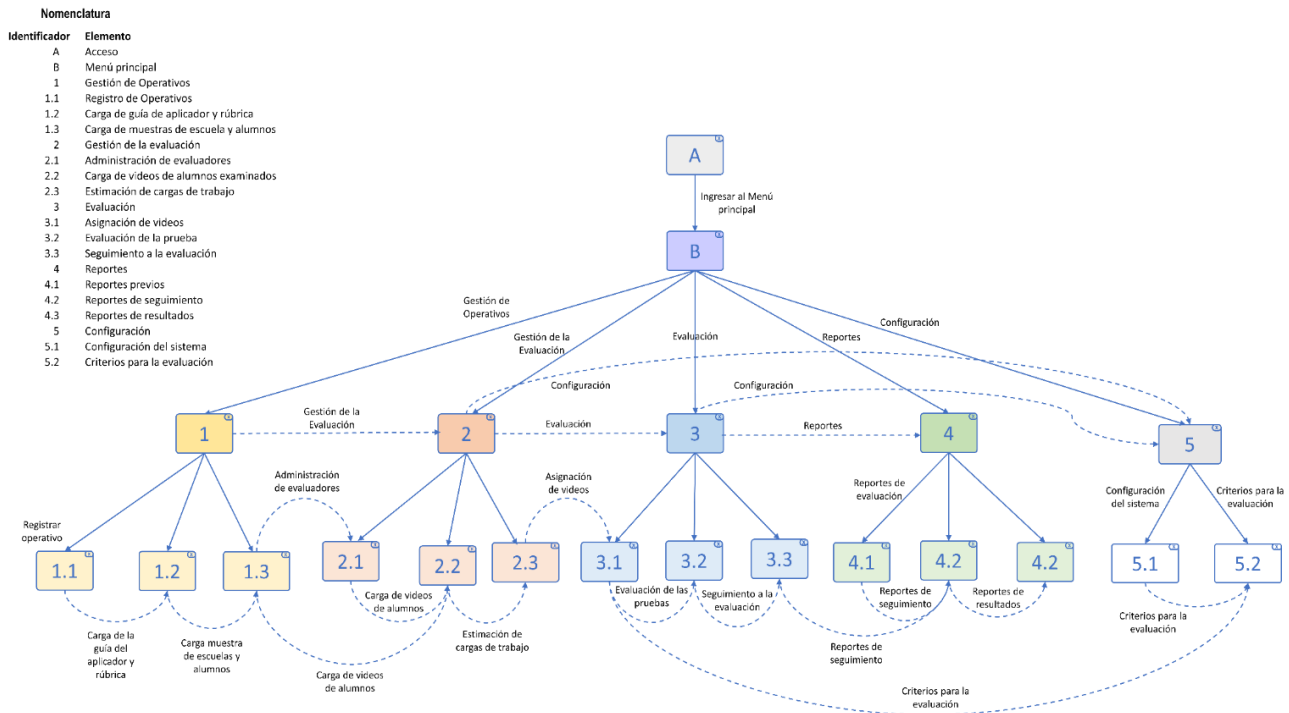
<sup>27</sup> Sistema para la Aplicación de Instrumentos de Evaluación (SAIE), es una plataforma que se diseñó con la finalidad de aplicar algunos de los instrumentos de evaluación en línea mediante dispositivos de cómputo.

corresponden a los que se indican, se notifica a la DINEE que los videos no son los adecuados y se solicita que suban los correspondientes.

- h) Una vez cargados los videos y validados, se estiman las cargas de trabajo y se asignan los videos a los evaluadores.
- i) Posteriormente, se generan los nombres de usuario y se envían las claves de acceso a los evaluadores.
- j) Los evaluadores pueden acceder al sistema para responder el cuestionario o la prueba, en caso de que exista inconveniente para evaluar algún video debido a un conflicto de intereses, el evaluador puede excusarse y notificarlo al encargado de la asignación para que en caso de proceder, sean asignados otros videos al evaluador.
- k) Finalmente, se puede dar seguimiento al avance de las evaluaciones, y en su caso, realizar la reasignación de los videos evaluados que no cumplan con las características de confiabilidad en su evaluación.

### Diagrama de navegación

El diseño general del sistema establece la navegación entre los diferentes módulos y submódulos, así como su relación y jerarquía. El siguiente diagrama de navegación del sistema muestra una relación entre módulos y submódulos, la línea continua expresa pertenencia directa y jerárquica, mientras que la línea punteada indica una relación de secuencia o de continuidad del proceso.



**Imagen 20. Diagrama de navegación.**

A continuación, se describen los módulos, submódulos y funcionalidades del sistema incluidos en la parte del diseño conceptual a partir del diagrama de navegación.

#### **A. Acceso**

El sistema contará con un módulo de acceso que permite la autenticación de usuarios mediante su nombre de usuario y una contraseña.

#### **B. Menú principal**

El sistema contará con un menú principal que contenga las opciones para acceder a cualquiera de los módulos definidos, según el tipo de usuario y nivel de acceso asignado.

Los módulos que contendrá son los siguientes:

- Gestión de Operativos
- Gestión de la Evaluación
- Evaluación
- Configuración
- Reportes

#### **I. Módulo: Gestión de Operativos**

El módulo de gestión de operativos contendrá los siguientes submódulos:

- **Submódulo: Registro de operativos:**  
Registra un operativo con la información contenida en la Ficha de Información Básica, asimismo, permite modificar y dar de baja un operativo.
- **Submódulo: Carga de guía de aplicador y rúbrica**  
Carga las preguntas contenidas en el cuadernillo del evaluador, así como la rúbrica de evaluación contenida en el cuadernillo para el evaluador y los elementos adicionales como imágenes, figuras y lecturas relacionadas con las preguntas.
- **Submódulo: Carga de muestras de escuelas y alumnos**  
Permite la carga de las muestras tanto de escuelas como alumnos para los operativos.

#### **II. Módulo: Gestión de la evaluación**

El módulo de gestión de la evaluación contendrá los siguientes submódulos:

- **Submódulo: Administración de evaluadores**  
Permite el registro, modificación o baja de los evaluadores. Es posible cambiar su vigencia del operativo al que han sido asignados con anterioridad, entre otras operaciones. Permite seleccionar a los evaluadores disponibles para cada operativo.

- **Submódulo: Carga de videos de alumnos examinados**  
Facilita la carga de la lista de la aplicación con los alumnos que efectivamente realizaron la prueba, para después, realizar la carga de los videos de las aplicaciones, que posteriormente serán evaluados. También permite la revisión automática de la comparación de la lista de alumnos examinados con los videos cargados, además que permite la revisión y validación manual de dichos videos con la finalidad de verificar que los videos hayan sido almacenados.
- **Submódulo: Estimación de cargas de trabajo**  
Realiza la estimación de los tiempos y esfuerzos requeridos para el ciclo de evaluaciones que será programado. Se toman en consideración algunos elementos como: el número de evaluaciones por video, el número de evaluadores solicitados o el plazo o periodo destinado a las evaluaciones. El sistema permite seleccionar un esquema de asignación propuesto automáticamente por el mismo sistema.

### III. Módulo: Evaluación

El módulo de Evaluación contendrá los siguientes submódulos:

- **Submódulo: Asignación de videos**  
Realiza la asignación de videos de forma aleatoria, sistemática o directa. Esta asignación puede ser completa o parcial, sin embargo, debe considerarse que antes del término del periodo de evaluación deben asignarse todas las evaluaciones.
- **Submódulo: Evaluación de la prueba**  
Proporciona a cada evaluador una interfaz para visualizar sus evaluaciones asignadas y realizarlas, por lo que se pueden visualizar las preguntas, la rúbrica, los elementos adicionales y los videos de cada aplicación registrada.
- **Submódulo: Seguimiento a la evaluación**  
Una vez asignados los videos, este submódulo permite realizar el monitoreo, seguimiento y control del proceso y avance de las evaluaciones.

### IV. Módulo: Reportes

El módulo de Reportes contendrá los submódulos que permitan concentrar las funcionalidades para generar los reportes de todos los módulos y submódulos, se agrupa en tres submódulos:

- **Submódulo: Reportes de evaluación**  
Permite la impresión o visualización en pantalla de la información previa a la evaluación, tanto para el INEE, las DINEE y los evaluadores.

- **Submódulo: Reportes de seguimiento**  
Proporciona la función de impresión o visualización en pantalla de la información durante el proceso de evaluación, el INEE podrá visualizar el estado de las evaluaciones y el avance de estas, mientras que el evaluador podrá saber su progreso, recibir notificaciones y alertas sobre los plazos y estado de sus evaluaciones.
- **Submódulo: Reportes de resultados**  
Facilita la impresión o visualización en pantalla de los resultados de las evaluaciones, el INEE es el único usuario que podrá visualizar estos resultados de forma predeterminada.

## V. **Módulo: Configuración**

El módulo de configuración contendrá los siguientes submódulos:

- **Submódulo: Configuración del sistema**  
Permite establecer y visualizar aspectos del sistema, por ejemplo:
  - Roles y permisos
  - Usuarios y contraseñas
  - Configuración general
  - Información del sistema
- **Submódulo: Criterios para la evaluación**  
Permite configurar y definir aspectos relacionados con la gestión de las evaluaciones, por ejemplo: el número de evaluaciones por video, el tiempo promedio para cada evaluación, el tiempo y plazo de evaluación, algoritmo de asignación de videos, duración de la jornada laboral, etc.

### *Niveles de acceso*

Para determinar el acceso a las funcionalidades del sistema por tipo de usuario, tenemos la siguiente tabla de niveles de acceso en donde se incluyen Módulos y submódulos, será necesario precisar el acceso que tendrá cada usuario particular para cada funcionalidad dentro de cada módulo y submódulo.



Núm.	Elemento	Tipo de Elemento	Administrador -DPI	Usuarios- DINEE	Usuarios- evaluador
A	Acceso	Funcionalidad	X	X	X
B	Menú principal	Menú	X	X	X
<b>1</b>	<b>Gestión de Operativos</b>	<b>Módulo</b>	<b>X</b>		
1.1	Registro de Operativos	Submódulo	X		
1.2	Carga de guía de aplicadory rúbrica	Submódulo	X		
1.3	Carga de muestras de escuela y alumnos	Submódulo	X		
<b>2</b>	<b>Gestión de la evaluación</b>	<b>Módulo</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
2.1	Administración de evaluadores	Submódulo	X	X	
2.2	Carga de videos de alumnos examinados	Submódulo	X	X	
2.3	Estimación de cargas de trabajo	Submódulo	X		
<b>3</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Módulo</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
3.1	Asignación de videos	Submódulo	X		
3.2	Evaluación de la prueba	Submódulo			X
3.3	Seguimiento a la evaluación	Submódulo	X		X
<b>4</b>	<b>Reportes</b>	<b>Módulo</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
4.1	Reportes de la evaluación	Submódulo	X	X	X
4.2	Reportes de seguimiento	Submódulo	X		X
4.3	Reportes de resultados	Submódulo	X		
<b>5</b>	<b>Configuración</b>	<b>Módulo</b>	<b>X</b>		
5.1	Configuración del sistema	Submódulo	X		
5.2	Criterios para la evaluación	Submódulo	X		

## Investigaciones futuras

Las líneas de Investigación relacionadas con el presente trabajo tienen un componente que incide directamente en el desarrollo de proyectos de Tecnologías de la Información y que complementan el marco de trabajo mediante habilitadores como estándares, procesos, herramientas que por el alcance del proyecto no fueron consideradas. Se describen cuatro principales líneas de investigación que el autor pretende desarrollar en trabajos próximos.

### Desarrollo de una Oficina de Proyectos de Tecnologías de la Información

La unidad organizacional conocida como Oficina de Proyectos representa una oportunidad muy importante para contribuir al éxito de los proyectos en la Administración Pública. Una oficina de Proyectos es una entidad organizacional que permite en diferentes niveles apoyar el desarrollo de proyectos de distinto alcance.

Es común que en los organismos del sector público no se cuente con esta entidad organizacional, debido a la estructura funcional que les es conferida a través de la normativa correspondiente. Sin embargo, es necesario que se considere sobre todo en aquellas unidades organizacionales que desarrollan proyectos continuamente.

Existen múltiples tipos de Oficinas de Proyectos, el trabajo de investigación para esta línea podría consistir en diagnosticar y determinar el tipo idóneo de PMO para implementar. Además, de diseñar estructuralmente y de manera funcional a la PMO.

### Plan para la Implementación de un Gobierno de Tecnologías de la Información

Para lograr que la tecnología y los procesos de tecnología se encuentren alineados con la estrategia es necesario contar con un Gobierno de TI. Es difícil encontrar un Gobierno de TI explícito que garantice que la tecnología contribuya a la consecución de los objetivos de mayor nivel, por lo que es necesario hacer formales las políticas, procesos, normas, reglas, etc., para garantizar los beneficios antes mencionados.

Para lograr dicho objetivo es necesario llevar a cabo un Plan para la Implementación de un Gobierno de TI también aplicado a la Administración Pública. Existen estándares internacionales como COBIT que permiten la implementación de un Gobierno de este tipo con enfoque en la alineación de metas y objetivos organizacionales con la tecnología como habilitador de negocio.

La complejidad de esta línea de investigación radica en la necesidad de visualizar holísticamente a las áreas de TI, las cuales deberán incluir procesos de análisis de negocio, desarrollo de sistemas, evaluación de proyectos, gestión de los costos de las operaciones y de los proyectos de inversión, planeación de programas, gestión de los servicios de TI, y alineación de la tecnología con los procesos y objetivos organizacionales.

## Diseño de Indicadores de Desempeño de Sistemas de Software

Para cuantificar la medida en que los sistemas de software funcionan y contribuyen a los objetivos será necesario diseñar un sistema especial de indicadores y los mecanismos asociados para emitir juicios sobre el estado actual de los sistemas en conjunto, que permita a su vez apoyar las decisiones de prosecución técnica seleccionadas para mejorar las operaciones.

Los sistemas tienen características que les permiten ser valorados, por ejemplo, confiabilidad, seguridad, desempeño, disponibilidad, ergonomía, usabilidad, etc., por otro lado, estos sistemas tienen impacto en los objetivos, por lo que otras características permitirán valorarlos en este contexto, por ejemplo, disminución de tiempos de operación de algún proceso, reducción de costos, satisfacción de los usuarios y clientes, etc.

En la actualidad esta evaluación no se realiza sino de manera reactiva y solo sucede cuando los usuarios realizan quejas continuas sobre el sistema, cuando el sistema deja de funcionar o bien cuando los procesos de negocio requieren implementar o modificar nuevas funcionalidades o reglas de negocio.

## Gestión de las Operaciones de Tecnologías de la Información

Las operaciones de los proyectos de TI comienzan con la entrega del proyecto. A menudo con la entrega se descuida el mantenimiento de los sistemas, tanto en su funcionalidad como en la alineación con los objetivos para los cuales fueron desarrollados.

Existen estándares internacionales que pretenden hacer frente a esta falencia como ITIL<sup>28</sup>, ISO 20000 o COBIT. La pertinencia para elegir alguno de ellos o bien para utilizar los elementos que aporten mayor valor a la transición y gestión de los servicios proporcionados por los proyectos de TI deberá ser valorada mediante un estudio profundo sobre sus implicaciones.

La metodología de Ingeniería de Sistemas incluye procesos de prosecución técnica que podrían integrar procesos de los estándares mencionados. Incluso es posible que dichos estándares encajen perfectamente por sí mismos en la fase de prosecución técnica. Esto es algo que deberá valorarse y analizarse a detalle como complemento medular del presente trabajo.

---

<sup>28</sup> Information Technology Infrastructure Library

## Conclusiones generales

Los problemas detectados en el INEE para el caso de desarrollo de proyectos de ingeniería de software y de Tecnologías de la Información tienen su origen en la falta de métodos formales para su desarrollo. Los principales efectos de este problema se pueden observar en el funcionamiento deficiente de los sistemas desarrollados y su pobre contribución a los objetivos organizacionales o su deficiente alineación con los objetivos del área en cuestión.

Una de las dificultades principales para adoptar y utilizar un método formal de desarrollo adecuado es la existencia de múltiples métodos informales orientados a propósitos generales, algunos basados en marcos de trabajo normativos poco relacionados con la ingeniería como el Marco Lógico. Otro impedimento es el poco entendimiento sobre la naturaleza de los modelos de procesos de desarrollo de software, la definición de roles y el conocimiento de estándares técnicos.

Para mitigar este problema se implementó un marco de trabajo soportado por la metodología de sistemas duros. Este marco metodológico resultó ser en sí mismo un sistema que aporta valor a la planeación de programas y proyectos concretos. Su construcción fue un proceso de análisis de cobertura de los procesos que incluye metodologías, estándares o cuerpos de conocimientos de disciplinas técnicas y de gestión relacionadas, tales como la Ingeniería de Sistemas, la Administración de Proyectos, y la Ingeniería de Software. Dicho marco de trabajo desarrollado abarca todo el proceso de planeación – acción, e incluye las herramientas que se consideraron acordes según la tipología de proyectos.

Una de las mayores ventajas que demostró este marco metodológico fue que permitió la planeación eficaz del programa de trabajo anual de toda una dirección de área en un organismo público en México con una visión global y de mediano – largo alcance.

La planeación se realizó de manera metódica y sistematizada por lo que contribuyó al orden y a la eficiencia de la programación y presupuestación para todos proyectos incluidos en el programa.

Los procesos del marco de trabajo propuesto permitieron cubrir de extremo a extremo la planeación de un proyecto real de ingeniería de software y proporcionaron las herramientas necesarias para una planeación técnica y de gestión con mayor rigor metodológico, con esto fue posible integrar de manera favorable los proyectos en el programa y alinear satisfactoriamente dichos proyectos con los objetivos organizacionales y del área encargada del programa.

Otro importante beneficio de la propuesta es que permite planear a nivel programa diversos proyectos de ingeniería en conjunto con otro tipo de proyectos de naturaleza normativa y que no implican necesariamente componentes técnicos ni tecnológicos tales como los proyectos

de procesamiento de las evaluaciones educativas y otros proyectos de mejora organizacional, pese a estar centrado en el desarrollo o mejora de un producto.

Finalmente, es importante mencionar que para comprobar la efectividad de este marco de trabajo desde el punto de vista de la Ingeniería de Sistemas será necesario poner a prueba el desarrollo completo de un sistema, desde la idea hasta las operaciones. Es deseable que este trabajo sea probado en otras instituciones del sector público a fin de identificar situaciones que permitan su mejora y mayor aplicabilidad en este contexto.

## Referencias

1. Ackoff, R. (1970). A concept of corporate planning. New York, NW, USA: Wiley-Interscience.
2. Ackoff, R. (1981). Creating the corporate future: Plan Or be Planned For. New York: Wiley.
3. ACM/IEEE (2005). Joint Task Force for Computing Curricula. Computing curricula 2005: The overview. IEEE Computer Society Press and ACM Press, report. ACM, AIS and IEEE-CS
4. Alami, A. (2016). Why Do Information Technology Projects Fail? *Procedia Computer Science* 100 (2016) 62 – 71
5. Allen, B. (2018) Common Language: Business Programming Languages and the Legibility of Programming. *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 40, no. 2, pp. 17-31, Apr.-Jun. 2018.
6. Al-Zwainy, F. and Mezher, R. (2017). Diagnose the Causes of Cost Deviation in Highway Construction Projects by Using Root Cause Analysis Techniques. *Arabian Journal for Science and Engineering* (2018) 43:2001–2012.
7. Arce, M. (2002). Sistema de Evaluación de Exámenes Objetivo CENEVAL. Tesis de Maestría. Fundación Arturo Rosenblueth, México.
8. Armijo, M. (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública. ILPES/CEPAL.
9. Ashby, W.R. (1961). Introduction to Cybernetics. New York: Wiley.
10. Asimov, M. (1962). Introduction to Design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
11. Athey, T. (1982). Systematic Systems Approach: An Integrated Method for Solving Systems Problems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
12. Beedle, M., Bennekum, van A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Highsmith, J., Hunt, A., ... , Thomas, D. (2001). Manifesto for Agile Software Development: recuperado de: <http://agilemanifesto.org/>.
13. Benington, Herbert D. (1983). Production of Large Computer Programs. *IEEE Annals of the History of Computing*. IEEE Educational Activities Department.
14. Bertalanffy, L. von. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*, Revised ed. New York, NY, USA: Braziller.
15. Bertalanffy, L. von. (1972). The History and Status of General Systems Theory. *The Academy of Management Journal*, Vol. 15, No. 4, General Systems Theory (Dec.,1972), pp. 407-426.
16. Bhatti, M.I., Awan, H.M. and Razaq, Z. (2014). The Key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. *Quality & Quantity*; Nov2014, Vol. 48 Issue 6, p3127-3143, 17p

17. Bilgaiyan, S. Mishra, S. and Das, M. (2016). A Review of Software Cost Estimation in Agile Software Development Using Soft Computing Techniques. International Conference on Computational Intelligence and Networks, IEEE.
18. Blanchard, S.B. and Blyler, J.E. (2016). Systems Engineering Management. Fifth Ed. Wiley and Sons, Inc.
19. Blanchard, S.B. and Fabricky, W. (1981). Systems Engineering and Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
20. Blanchard, S.B. (1995). Ingeniería de Sistemas. Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España ISDEFE. Madrid España.
21. Boehm, B.W. (1983). Seven Basic Principles of Software Engineering. The Journal of Systems and Software 3.3-24
22. Boehm, B.W. (1988). A Spiral Model of Software Development and Enhancement. IEEE Computer, 21 (5), 61–72.
23. Boehm, B.W. (1981). Software Engineering Economics. Prentice-Hall, Englewood Clis, NJ.
24. Boulding, K. (1956). General Systems Theory - The Skeleton of Science. Management Science, Vol. 2, No. 3. pág.197-208
25. Brans J.P. and Mareschal B. (2005). Promethee Methods. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. International Series in Operations Research & Management Science, vol 78. Springer, New York, NY.
26. Brill, J.H. (1998). Systems Engineering - A Retrospective View. John Wiley & Sons Inc.
27. c). SWEBOK Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0. IEEE Computer Society.
28. Cadle, J. and Yeate, D. (2008). Project Management for Information Systems. Pearson Education Limited, England.
29. Carmichael, D. (2013). Problem Solving for Engineers. CRC Press.
30. CEPAL (2005). Metodología del Marco Lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Santiago de Chile.
31. Changming, Ji., Fenhua, Li., Jian, Xing and Xuekun, Cui. (2010). Research on the Water Conservancy and Hydropower System Engineering Based on A.D. HALL Theory. 10.1109/APPEEC.2010.5448742.
32. Checkland, P. (1979). Techniques in soft systems practice. Part 1: systems diagrams-some tentative guidelines. Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 6, 36-40
33. Checkland, P. (1979). Techniques in soft systems practice. Part 2: building conceptual models. Journal of Applied Systems Analysis, Vol. 6, 41-49
34. Checkland, P. (1981). Systems thinking, System Practice. Wiley, Chichester.
35. Checkland, P. and Haynes, M.G. (1994). Varieties of systems thinking: the case of soft systems methodology. System Dynamics Review. Vol. 10, nos. 2-3,189-197.

36. Checkland, P. and Scholes, J. (1990). Techniques in soft systems practice. Part 4: Conceptual Model Building Revisited. *Journal of Applied Systems Analysis*, Vo.17, 39-43
37. Checkland, P., Forbes, P. and Martin, S. (1990). Techniques in soft systems practice. Part 3: Monitoring and Control in Conceptual Models and in Evaluation Studies. *Journal of Applied Systems Analysis*, Vol.17, 29-37
38. Checkland, P. and Poulter, J. (2006), *Learning for Action: A Short Definitive Account of Soft Systems Methodology, and Its Use Practitioners, Teachers and Students*, Chichester, UK: Wiley.
39. Checkland, P. and Scholes, J. (1990), *Soft Systems Methodology in Action*, Chichester, UK: Wiley.
40. Checkland, P. (1981). *Systems thinking, System Practice*. Wiley, Chinchester.
41. Chen, G.K.C. (1975). What is the systems approach? *Interfaces*, 1975, 6(1).
42. Churchman, W. (1968) *The Systems Approach*, Delacorte Press, New York
43. Churchman, W., Ackoff, R. and Arnoff. E. (1957) *Introduction to Operations Research*. John Wiley & Sons: New York.
44. Cleland, D.I. (1999). *Project management: Strategic Design and Implementation*. USA, Mc Graw-Hill.
45. Cloutier, R., Baldwin, C. and Bone, M.A. (2015). *Systems Engineering Simplified*. USA: CRC Press.
46. CMMI (2011) *CMMI-DEV, v1.3*. USA: CMMI.
47. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*, México, 5 de febrero de 1917, última reforma 15 de septiembre de 2017.
48. Covey, S. (1989). *The seven habits on highly effective people*. Simon and Schuster. New York.
49. Crawford, L., Hobbs, B. and Turner, R. (2005). *Project Categorization Systems*. Four Campus Boulevard Newton Square. Project Management Institute, Inc., Pennsylvania.
50. Cropley, D. and Cook, S. (1999). 2 Systems Methodology for Real-Time Information Systems. *INCOSE International Symposium*. 9. 203-210.
51. Crosby, P.B. (1979). *Quality is Free: The Art of Making Quality Certain*. Mc Graw-Hill.
52. Dantzing, G.B. (1951). Application of the Simplex Method to the Transportation Problem. T.C. Koopmans. *Activity Analysis of Production and Allocation*, July-October 1949, Cowles Commission Monograph 13, *Proceedings of Linear Programming Conference*, June 20-24, John Wiley and Sons, New York, 19-32.
53. Deming, W.E. (1986). *Out of the Crisis*. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.



54. Deng, S., Lei, H., Lai, Ch., and Chin H. (2014). Application of Adapted Hall's 3-D Systems Engineering Methodology to Innovation of Food and Beverage Service Industries in Taiwan. IEEE.
55. Dieter, G.E. and Schmidt, L.C. (2013). Engineering Design. Mc Graw-Hill 5th edition, New York.
56. Eichenberger, J. (1998). Project Management, Part III Budget for Projects.
57. Eisner, H. (2002). Essentials of Project and Systems Engineering Management. CRC Press.
58. Erdogmus, H. (2008). 25 Years of Software. IEEE Software, vol. 25, no. 6, pp. 2-5, Nov.-Dec. 2008.
59. Estatuto Orgánico del INEE. Diario Oficial de la Federación, México, 31 de enero de 2017, última reforma 12 de mayo de 2017.
60. Fabricky, W.S. (1997). Análisis de costos del ciclo de vida de los sistemas. Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España ISDEFE. Madrid España.
61. Fenhua, L., Yongqian, L., Changming, J. and Weizhao, G. (2009). Study on Three-Dimension A.D. HALL Plot for Windward Projects. IEEE Second International Conference on Information and Computing Science.
62. Fernandez, D.J. and Fernandez, J. D. (2009). Agile Project Management-Agilism versus traditional approaches. Journal of Computer Information Systems.
63. Fiadeiro, J. L. (2006). "Physiological vs. social complexity in software design," 11th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS'06), Stanford, CA, 2006, pp. 3-3.
64. Flood, M.M. (1960). Systems Engineering. Management Technology, Vol. 1, No. 1 pp. 21-35.
65. Forrester, J.W. (1961). Industrial Dynamics, Portland, OR: Productivity Press.
66. Forrester, J.W. (2009). Some Basic Concepts in System Dynamics. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology.
67. Forsberg, K. and Mooz, H. (1991). The Relationship of System Engineering to the Project Cycle. Proceedings of the National Council on Systems Engineering (NCOSE)
68. Frank, M., Sadeh, A. and Ashkenasi, S. (2011). The relationship among systems engineer's capacity for engineering systems thinking, Project types, and Project success. Project Management Journal. Vol. 42, No.5, 31-41.
69. Fuentes Zenón, A. (1990). El Pensamiento Sistémico caracterización y principales corrientes. Cuadernos de planeación y sistemas. Vol.3. DEPMI. UNAM.
70. Fuentes Zenón, A. y Sánchez Guerrero, G. (1995) Metodología de la Planeación Normativa. Vol.1. DEPMI. UNAM.
71. Gartlehner et al. (2017). User testing of an adaptation of fishbone diagrams to depict results of systematic reviews. BMC Medical Research Methodology. 2017, 17:169.

72. Gasik, S. (2016). Are public projects different than projects in other sectors? Preliminary results of empirical research. *Procedia Computer Science*, Volume 100, 2016, Pages 399-406.
73. Gelman, O. y Negroe, G. (1982). *La planeación como un proceso básico en la conducción*. México. Instituto de Ingeniería, UNAM.
74. Goldsmith, N. (1991). *Linking Planning IT to Business Strategy*. *Long Range Planning*, Vol. 24, No. 6, pp. 67 to 77, 1991. Pergamon Press.
75. González-Blanco, R. (2012, febrero). *Dealing with software development*. Recuperado: <https://www.slideshare.net/software/agille-deliverydealingwithsoftwarev14>
76. Goode, H. and Machol, R. (1957). *System Engineering – an Introduction to the Design of Large-Scale Systems*. Mc Graw-Hill. New York.
77. Goode, H. (1960). *Intracompany Systems Management*. *IRE Transactions on Engineering Management*.
78. Gorod, A. and Sauser, B. (2008). *System-of-Systems Engineering Management: A Review of Modern History and Path Forward*. USA. *IEEE Systems Journal*.
79. Grady, J.O. (2000). *Systems Synthesis Product and Process Design*. USA. CRC Press.
80. Gräßler, I. and Xiaojun, Y. (2016). *Interdisciplinary Development of Production Systems Using Systems Engineering*. 26th CIRP Design Conference.
81. GTZ (1987). *ZOOP zielorientierte projektplanung*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Frankfurt.
82. Guba, E. and Lincoln, Y. (1982). *Epistemological and Methodological Bases of Naturalistic Inquiry*. *Educational Communication and Technology*, 30(4), 233-252.
83. Guillard, S. (2005). *Managing IT Projects: communications pitfalls and bridges*. *Journal of Information Science*, 31 (1) 2005, pp. 37–43.
84. Hall, A.D. (1962). *A Methodology for Systems Engineering*. New York, NY, USA: Van Nostrand Reinhold.
85. Hall, A.D. (1966). *The Present Status and Trends in Systems Engineering*. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*. Vol SSC-2, No.1.
86. Hall, A.D. (1965). *Systems Engineering from an Engineering Viewpoint*. *IEEE Transactions on Systems, Science and cybernetics – vol. ssc1, No.1*.
87. Hall, A.D. (1969). *Three-dimensional Morphology of Systems Engineering*. USA. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*. Vol SCC-5, No.2.
88. Hall, A.D. (1975) *An Overview of Economies of Scale in Existing Communications Systems*. *IEEE Transactions on Systems, man and cybernetics*. Vol. SMC-5, No.1.
89. Hall, A.D. (1989). *Metasystems Methodology-A New Synthesis and Unification*, Pergamon Press, U.K.

90. Hall, A.D. (1998). The Fractal Architecture of the Systems Engineering Method. IEEE Transactions on Systems, man and cybernetics – Part c: Applications and reviews, vol 28, no.4.
91. Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. Harvard Business Review, Vol. 68 No. 4, pp. 104-12.
92. Hashemi, N. and Khatavakhotan, S. (2017). IT System Development via Project Management. A Phenomenological and Statistical Study. Proc. Of the 2017 IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA 2017).
93. Hassani, R., Bouzekri, Y. and Abouabdellah, E. (2017). Software Project Management in the Era of Digital Transformation. Springer International AG.
94. Havens, H. S. (1981). Program Evaluation and Program Management. Public Management Forum.
95. Hester, P.T., and Adams, K.M. (2017). Systemic Decision Making, Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality 33. Springer International Publishing AG.
96. Hill, G.M. (2014). The complete Project Management Office Handbook. CRC Press, Taylor & Francis Group, NW.
97. Hill, J.D., and Warfield, J.N. (1972). Unified Program Planning. IEEE Transactions on Systems, man and Cybernetics. Vol SMC-2, No.5.
98. Hill, L.S. (1970). Systems Engineering in Perspective. IEEE Transactions on Engineering Management. Vol- EM-17, No.4.
99. Hitchins, D. (2014). Natural Systems Engineering. In: Aiguier M., Boulanger F., Krob D., Marchal C. (eds) Complex Systems Design & Management. Springer, Cham
100. Honour, E.C. (2018). A historical perspective on systems engineering. Systems Engineering; 21:148–151.
101. Houston, D.X. and Rosemergy, S.W. (2016). Assessing Product Development Agility. In: Kuhrmann M., Münch J., Richardson I., Rausch A., Zhang H. (eds) Managing Software Process Evolution. Springer, Cham.
102. Hütter, A. and Riedl, R. (2017). Chief Information Officer Role Effectiveness. Literature Review and Implications for Research and Practice. Springer International.
103. IBM (2001). Rational Unified Process Best Practices for Software Development Teams. Rational Software White Paper. Recuperado de: [https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251\\_bestpractices\\_TP026B.pdf](https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf)
104. Iden, J. and Bygstad, B. (2017). The social interaction of developers and IT operations staff in software development projects. International Journal of Project Management, 36 (2018) 485 – 497
105. IEEE (2011) IEEE 29148-2011 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Life cycle processes --Requirements engineering.

106. IIBA (2015). BABOK Guide: A Guide to The Business Analysis Body of Knowledge. International Institute of Business Analysis.
107. INCOSE (2006). SEBOK Systems Engineering Body of Knowledge.
108. INEE (2014). Programa de Mediano Plazo para la Evaluación del Servicio Profesional Docente, 2015-2020. México: autor.
109. INEE (2015). Programa de Mediano Plazo para la Evaluación, 2015-2020. México: autor.
110. INEGI (2015a). Encuesta Intercensal. Panorama sociodemográfico de México 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
111. INTECO (2009). Ingeniería del Software: Metodologías y Ciclos de Vida. Laboratorio Nacional de Calidad del Software. España: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
112. ISACA (2012). COBIT 5 Un marco de negocio para el gobierno y la gestión de las TI en las empresas. Estados Unidos.
113. ISDEFE (1995). Ingeniería de Sistemas Aplicada. ISDEFE. Madrid España.
114. Ishikawa, K. (1985). What is total quality control. New Jersey, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
115. ISO (2012). ISO 21500:2012 Guidance on Project Management, International Organization for Standardization, 2012.
116. ISO/IEC (2008). ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering — Software life cycle processes.
117. ISO/IEC (2013). ISO/IEC TR 24772:2013. Information technology -- Programming languages -- Guidance to avoiding vulnerabilities in programming languages through language selection and use.
118. ISO/IEC/IEEE (2011). ISO/IEC/IEEE 42010:2011. Systems and software engineering -- Architecture description
119. ISO/IEC/IEEE (2013). ISO/IEC/IEEE 29119 Software Testing
120. ISO/IEC/IEEE (2009). ISO/IEC/IEEE 16326:2009 Systems and software engineering -- Life cycle processes -- Project management
121. ISO/IEC/IEEE (2015). ISO/IEC/IEEE 15288:2015. Systems and software engineering -- System life cycle processes
122. Jackson, M.C. (2003). Systems Thinking: Creative Holism for Managers. USA. John Wiley and Sons, Inc.
123. Jackson, M.C. and Keys, P. (1984). Towards a system of systems methodologies. Journal of the Operational Research Society, 35, 473^486.
124. Jacobson, I., Booch, G. y Rumbaugh, J. (2000). El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Madrid. Pearson Educación.
125. Jantsch, E. (1980). The Self-Organizing Universe. Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution. Pergamon Press.

126. Jenkins, G.M. (1969). The Systems Approach. *Journal of Systems Engineering*. vol.1, no.1.
127. Johansen, B. (2016). *Introducción a la teoría general de sistemas*. México. Limusa.
128. Johnson, S.B. (1997). Three approaches to Big Technology: Operations Research, Systems Engineering and Project Management. The Johns Hopkins University Press and Society for the History Technology., Vol.38, No.4. pp – 891-919.
129. Kamrani, A.K. and Azimi, M. (2011). *Systems Engineering Tools and Methods*. NW: CRC Press.
130. Kelly, M.J. (1950). The Bell Telephone Laboratories--An Example of an Institute of Creative Technology. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 137, No. 889 (Nov. 28, 1950), pp. 419-433.
131. Kerzner, H. (2011). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and monitoring Project Performance*. John Wiley & Sons. Inc.
132. Kerzner, H. (2014). *Project Management Best Practices Achieving Global Excellence*. John Wile & Sons, Inc. New Jersey.
133. Kneuper, R. (2017). Sixty Years of Software Development Life Cycle Models. *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 39, no. 3, pp. 41-54, 2017.
134. Kossiakof, A. and Sweet, W.N. (2003). *Systems Engineering, Principles and Practice*. John Wiley and Sons Inc.
135. Krafcik, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 30, 41-52.
136. Kuhn, T.S. (1962). The Structure of Scientific Revolutions. *International Encyclopedia of Unified Science*. Vol 2, No. 2.
137. Lacy, J.A. (1992). *Systems Engineering Management: achieving total quality*. USA, Mc Graw-Hill.
138. Lester, Eur Ing Albert. (2014). *Project Management, Planning and Control (Sixth Edition)*, Butterworth-Heinemann.
139. Ley de General de Educación. *Diario Oficial de la Federación*, México, 13 de julio de 1993, última reforma 30 de noviembre de 2017.
140. Ley del INEE. *Diario Oficial de la Federación*, México, 11 de septiembre de 2013., última reforma 27 de enero de 2017
141. Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos. *Diario Oficial de la Federación*, México, 31 de julio de 1982, última reforma 18 de julio de 2016.
142. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. *Diario Oficial de la Federación*, México, 29 de diciembre de 1976, última reforma 15 de junio de 2018
143. Lotka, A.J. (1925). *Elements of Mathematical Biology*. Baltimore, Williams & Williams Company.
144. Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme Grundriß einer allgemeinen Theorie suhrkamp taschenbuch Wissenschaft*. Frankfurt: Suhrkamp.

145. Luthans, F. (1976). *Introduction to Management. A contingency Approach*. USA, Mc Graw-Hill.
146. Mahoney, M.S. (2004). Finding a History for Software Engineering. *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 26, no. 1, pp. 8-19, Jan.-March.
147. Majaro, S. (1988). *The creative gap: managing ideas for profit*. London, Longman.
148. Malmquist, D., Frede, D. and Wikander, J. (2014). Holistic design methodology for mechatronic systems. *Journal of Systems and Control Engineering*. Vol.228(10) 741-757.
149. *Manual de Organización del INEE*. Normateca INEE autónomo, México, 11 de agosto de 2017.
150. Martinelli, R.J. and Milosevic, D.Z. (2016). *Project Management ToolBox*. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey.
151. Mason, R. and Mitroff, I. (1981). *Challenging Strategic Planning Assumptions*. New York, John Wiley & Sons.
152. Meyer, B. (2014). *Agile! The Good, the Hype and the Ugly*. Springer, Cham.
153. Mishra, D. and Mishra, A. (2011). Complex software project development: agile methods adoption. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice Incorporating Software Process: Improvement and Practice*. *J. Softw. Maint. Evol.: Res. Pract.* 2011; 23:549–564.
154. Münch, L. (2014). *Administración. Gestión organizacional, enfoques y proceso administrativo*. México, Pearson.
155. NASA (2007). *NASA Systems Engineering Handbook*, 1st ed. Washington DC: National Aeronautics and Space Administration.
156. Naur, P. and Randell, B. (1969). *Software Engineering: Report on a Conference Sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7-11 oct. 1968*. Scientific Affairs Division, NATO, Brussels.
157. Nerur, S., Cannon, A., Balijepally, V. and Bond P. (2010). Towards an Understanding of the Conceptual Underpinnings of Agile Development Methodologies. In: Dingsøyr T., Dybå T., Moe N. (eds) *Agile Software Development*. Springer, Berlin, Heidelberg.
158. O'Reagan, G. (2016). *History of Software Engineering*. In: *Introduction to the History of Computing. Undergraduate Topics in Computer Science*. Springer, Cham.
159. OCDE (2015), *Government at a Glance 2015*, OECD Publishing, Paris.
160. Ochoa-Rosso, F. (1990). *El Método de los Sistemas*, México, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM.
161. OGC (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2: 2009 Edition 2009* by Office of Government Commerce.
162. Olsson, MO. (2004). *Schools of Systems Thinking - Development Trends in Systems Methodology*. In: Olsson MO., Sjöstedt G. (eds) *Systems Approaches and Their Application*. Springer, Dordrecht

163. OMG (2011). Business Process Model and Notation Specification Version 2.0. Object Management Group.
164. Ozbekhan, H. (1968). Toward a General Theory of Planning. Management and Behavioral Science Center. University of Pennsylvania.
165. Parnell, G., Driscoll, P. and Henderson, D. (2008). Decision Making in Systems Engineering and Management. Interscience. John Wiley & Sons.
166. Payette, S. (2014). Hopper and Dijkstra: Crisis, Revolution, and the Future of Programming. IEEE Annals of the History of Computing, vol. 36, no. 4, pp. 64-73, Oct.-Dec. 2014.
167. Pearson, A. and Brockhoff, K. (1994). The uncertainty map and project management. Project Appraisal, 9:3, 211-215.
168. Pearson, A.W. (1984). Project Management in Engineering R and D. Proc Instn Mech Engrs. Vol.198B, No.6.
169. Pinto, J.K. and Slevin, D.P (1987). Critical Factors in Successful Projects. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol Em-34, No.1
170. PMI (2017) Project Management Body of Knowledge (PMBOK). 6th Edition.
171. Poder Ejecutivo Federal. Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018.
172. Pritsker, B. A. (1966). GERT Networks. Production Engineer. Volume: 47, Issue: 10, October 1968.
173. Pritsker, B.A., Lawrence J.W. and Philip M.W. (1969). Multiproject Scheduling with Limited Resources: A Zero-One Programming Approach. Management Science Vol. 16, No. 1, Sep. 1969
174. Radujković, M. and Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. Procedia Engineering. Vol-196, Pages 607-615.
175. Rebentisch, E.S. and Prusak, L. (2017). Integration Program Management and Systems Engineering: Methods, tools, and organizational systems for improving Performance. NJ. Wiley and Sons, Inc.
176. Robinson, A. D. (2018). Very Small Entities (VSE); The Final Systems Engineering (SE) Frontier. IEEE.
177. Roy, B. (1971). Mathematical Programming. North Holland Publishing Co.
178. Royce, W. W. (1970). Managing the Development of Large Software Systems: Concepts and Techniques, Proceedings of WESCON, August 1970; also in TRW Software Series, SS-70-01, August 1970.
179. Ruiz, José Fabián (2017). Los órganos constitucionales autónomos en México: una visión integradora Cuestiones Constitucionales, núm. 37, julio-diciembre, 2017, pp. 85-120 Universidad Nacional Autónoma de México
180. Saaty, T. (1980). The analytical hierarchy processes. Mc Graw-Hill. New York.
181. Sage, A.P. (1981). Systems engineering: Fundamental limits and future prospects, Proc. IEEE, vol. 69, pp. 158–166, Feb. 1981.

182. Sage, A.P. (1992). *Systems Engineering*. Wiley-IEEE.
183. Sage, A.P. and Rouse, W. (1999). *Handbook of Systems Engineering and Management*. John Wiley & Sons.
184. Sage, A.P. (1977a). A Case for a Standard for Systems Engineering Methodology. USA. *IEEE Transactions on Systems, man and Cybernetics*. Vol SMC-7, No.7.
185. Sage, A.P. (1977b). *Methodology for large-scale systems*. USA. McGraw-Hill.
186. Sage, A.P. and Armstrong, J.E. (2000). *Introduction to Systems Engineering*. USA, John Wiley and Sons, Inc.
187. Sammet, J.E. (1991). Some Approaches to, and Illustrations of, Programming Language History. *Annals of the History of Computing*, vol. 13, no. 1, pp. 33-50, Jan.-March 1991.
188. Sammet, J.E. (1996). From HOPL to HOPL-II (1978- 1993): 15 Years of Programming Language Development. *History of Programming Languages*, Bergin, T. J., Gibson, R. G. (Eds), ACM Press, New York, NY., 1996, pp.16-23
189. Samonova, C.V. and Pavlov, A.Y. (2018). Management of the project implementation in the modern high-tech production. 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus), Moscow, pp. 1271-1273.
190. Sánchez-Guerrero, G. (2016). *Técnicas heurísticas participativas para la planeación. Un proceso de intervención*. FES Aragón. Plaza y Valdéz. México.
191. Santos, V. and Varajão, J. (2015). PMO as a Key Ingredient of Public Sector Projects' Success – Position Paper. *Procedia Computer Science*. 64. 1190-1199. 10.1016/j.procs.2015.08.546.
192. Scheithauer, D. and Forsberg, K. (2013). V-Model Views. 23rd Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, INCOSE 2013. 1. 756-770.
193. Schmidt, C. (2016). *Agile Software Development Teams. The Impact of Agile Development on Team Performance*. Springer, Cham.
194. Schwaber, K. (2007). *The Enterprise and Scrum*. Microsoft Press.
195. SEGOB (2017). *Gobierno ejecutivo*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/gobierno>, consulta realizada el 1 de agosto de 2017.
196. Senapathi, M. (2010). *Adoption of Software Engineering Process Innovations: The Case of Agile Software Development Methodologies*. Springer-Verlag Berlin.
197. Senge, P.M. (1990). *The fifth discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. New York, NY, USA: Doubleday Business.
198. Sengupta, S.S. and Ackoff, R.L. (1965). *Systems Theory from Operations Research Point of View*. *IEEE Transaction on Systems Science and Cybernetics*.



199. Serrador, P. (2015). *Project Planning and Project Success*. New York: Auerbach Publications.
200. Serrador, P. and Turner, J.R. (2014). The Relationship between Project Success and Project Efficiency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol-119, Pages 75-84.
201. Sheard, S. and Mostashari, A. (2010). A Complexity Typology for Systems Engineering. *INCOSE International Symposium*.
202. Shenhar A.J., and Dvir D. (2007). *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Harvard Business, Boston.
203. Smith, B. (1993). Six-sigma design (quality control) in *IEEE Spectrum*, vol. 30, no. 9, pp. 43-47, Sept. 1993.
204. Smith, D.B. (1965). *Systems Engineering: Implications for Management*. *Financial Analysts Journal*, vol. 21, no. 3, pp 119-127.
205. Smyth, D.S. and Checkland, P.B. (1976). Using a Systems Approach: The Structure of Root Definitions. *Journal of Applied Systems Analysis*, 5, 75-83.
206. Sommerville, I. (2011). *Software Engineering, USA*, 9th ed., Addison-Wesley.
207. Stacey, R.D. (2011). *Strategic Management and Organisational Dynamics. The Challenge of Complexity*. 6th Ed. Financial Times. Prentice Hall.
208. Stake, R.E. (1978). The case study method in social inquiry. *Educational Researcher*, 1978, 7, 5-8.
209. Stober, T. and Hansmann, U. (2010). *Agile Software Development*. Springer-Verlag Berlin.
210. Stufflebeam, D.L. (1971). The relevance of the CIPP evaluation model for educational accountability. *Journal of Research and Development in Education*, 5(1), 19-25.
211. Stufflebeam, D.L. (2000). *Evaluation Models. Evaluation in Education and Human Services*, vol 49. Springer, Dordrecht.
212. Sutherland, J, and Schwaber, K. (1995). Business object design and implementation: OOPSLA '95 Workshop Proceedings. The University of Michigan. p. 118.
213. Taba, N. H. and Khatavakhotan, A.S. (2017). IT Systems Development via Project Management: A Phenomenological and Statistical Study. *IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA 2017)*, 28-30 Nov, 2017. Putrajaya, Malaysia.
214. Takara, Y. and Mesarovic, M. (1969). Coordinability of Dynamic Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. Ac-14, Ko. 6, December 1969
215. Taylor, F.W. (1911), *The Principles of Scientific Management*. New York, NY, USA and London, UK: Harper & Brothers.
216. The Open Group. (2014) *TOGAF Version 9.1*, an Open Group Standard.

217. Thomas, S. (2012, december). Revisiting the Iterative Incremental Mona Lisa: recuperado de: <http://itsadeliverything.com/revisiting-the-iterative-incremental-mona-lisa>.
218. Trivedi, P. and Sharma, A. (2013). A comparative study between iterative waterfall and incremental software development life cycle model for optimizing the resources using computer simulation. IEEE, 2nd International Conference on Information Management in the Knowledge Economy.
219. Ulman, D. (2010). Mechanical Design Process. Mc Graw-Hill. New York.
220. UNAM y SHCP (2018). ¿Cómo entender el presupuesto? El gasto público a través de los datos. Documento de consulta 2018. México. Universidad Nacional Autónoma de México y Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
221. Valerdi, R. (2007). Cognitive Limits of Software Cost Estimation. Proceedings - 1st International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, ESEM 2007. 117-125. 10.1109/ESEM.2007.85.
222. Weck de, OL. (2018). Systems engineering 20th anniversary special issue. Systems Engineering. 21:143–147.
223. Wertheimer, M. and Riezler, K. (1984). Gestalt Theory. Social Research, 51(1/2), 305-327.
224. White, Leünard (1954). Introducción al estudio de la Administración Pública. Compañía general de ediciones, S.A. México, D.F.
225. Williams, A.J. (1982). Techniques of Project Management. Journal of the Institute of Actuaries. Vol 109. No.1. pp 39-82.
226. Wilson, B. (1980). The Maltese Cross – A Tool for Information Systems Analysis and Design. Journal of Applied Systems Analysis, 7.
227. Winter, M. (2006). Problem structuring in project management: an application of soft systems methodology (SSM). Journal of the Operational Research Society, 57:7, 802-812.
228. Wirik, D. (2009). Public Sector Project Management. Meeting the challenges and achieving results. Wiley and Sons, Inc.
229. Wysocki, R. (2006). Effective Software Project Management, Wiley Publishing, Inc.
230. Yin, R. K. (1992). The Case Study Method as a Tool for Doing Evaluation. Current Sociology, 40(1), 121–137.
231. Zoltan, S. (2017). Further Considerations in Project Success. Procedia Engineering, Vol- 196, Pages 571-577.
232. Zurcher, F.W. and Randell, B. (1968). Iterative Multi-Level Modeling—A Methodology for Computer System Design, Proc. IFIP Congress 68. IEEE CS Press, pp. 138–142.
233. Zwikael, O. and Globerson, S. (2006). From Critical Success Factors to Critical Success Processes, International Journal of Production Research, 44:17, 3433-3449.