
Proceso de Desarrollo de Productos – PDP –
Desarrollo de Guía para la Elaboración de Nuevos Productos y Servicios en el
Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho – ICIPC –.

CARLOS EMILIO ROLDAN POSADA
Ingeniero Mecánico

Director y Asesor de Proyecto de Grado
Dr. Ing. ALBERTO NARANJO CARVAJAL

Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho
ICIPC

Escuela de Ingenierías
Universidad EAFIT
Maestría Aplicada en Ingeniería
Medellín
2012

RESUMEN

El presente proyecto surge como una necesidad del ICIPC debido al crecimiento sostenido en los últimos años en su portafolio de servicios ofrecidos a las empresas del sector de plásticos, caucho y afines en Colombia y países vecinos. El ICIPC atiende aproximadamente 250 empresas al año con los diferentes servicios de su portafolio.

Hoy en día el ICIPC reconoce que la gestión de la experiencia adquirida y las mejores prácticas aplicadas durante el desarrollo de nuevos productos, es algo que debe ser sistémico y unificado en la institución para ser eficientes y eficaces. La atención a este gran número de empresas requiere la implementación de una metodología sistémica, unificada y estructurada para el Proceso de Desarrollo de Productos –PDP– (*Product Development Process*).

Desde el comienzo de operaciones del ICIPC, sus investigadores han sabido aplicar su conocimiento y experiencia en la realización de proyectos de desarrollo de productos y servicios con alto valor agregado, particularmente, y con mayor éxito, los proyectos liderados por aquellos investigadores de mayor experiencia. Pero también ha habido proyectos donde se han presentado dificultades de planeación y ejecución, y retos para captar y estandarizar las mejores prácticas. Esta situación pone en evidencia la necesidad de implementar una metodología estructurada para el Proceso de Desarrollo de Productos.

Por esta razón, con el presente trabajo se ha adaptado en el ICIPC un PDP enmarcado en un contexto de gestión de riesgo de desarrollo, dividiendo estratégicamente el proceso de diseño en Etapas, con actividades mandatorias y opcionales según el tipo de producto y el nivel de complejidad asociado. Las etapas a su vez, son separadas por Compuertas en las que se revisan y examinan los entregables o resultados de la etapa. En las compuertas se evalúa el nivel de riesgo y se decide sobre la manera de continuar el proceso de desarrollo.

Este trabajo se realizó en el marco del plan de fortalecimiento institucional ICIPC, bajo el proyecto: *Fortalecimiento técnico-administrativo del ICIPC a través de: la creación e implementación de una metodología PDP ("Product Development Process") ajustada a las necesidades de la institución, y la creación de nuevos servicios de resistencia al impacto para nuevos materiales poliméricos* [1]. Este proyecto contó con el apoyo del recurso financiero de Colciencias "Patrimonio autónomo fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas".

Con base en la nueva filosofía PDP, se han desarrollado productos nuevos y mejoras a existentes para clientes del ICIPC, y se han implementado en el ICIPC nuevos servicios de evaluación de resistencia al impacto en materiales poliméricos que permiten atender la necesidad de empresas del sector. El informe final de desarrollo e implementación del nuevo servicio de laboratorio, y su procedimiento de realización, ha sido entregado a Colciencias [1] junto con la presente Guía PDP. El presente documento es dicha Guía PDP –el segundo objetivo del proyecto de fortalecimiento Colciencias– que a su vez, se presenta a la Universidad EAFIT como el trabajo de grado del autor para optar al título de Máster en Ingeniería Aplicada.

AGRADECIMIENTOS

La iniciativa para el desarrollo del presente trabajo de investigación y aplicación, nace de experiencias en sectores de industria internacional –MODINE MANUFACTURING, Co. (Racine, Wisconsin, USA), SANDVIK Mining and Construction, Co. (Gainesville, Florida, USA), y SIEMENS ENERGY, Inc. (Orlando, Florida, USA)– donde pude aprender y aplicar prácticas estructuradas y organizadas de gestión de proyectos de desarrollo de productos y servicios para la industria automotriz, minera y de generación eléctrica. En este espacio, personas como David Ritland, Art Harris, Sam Wasif, Ritu Basu, Adam Foust, Kyle Landry, Enrique Portillo, David Janke, Allan Wang, Raj Tripathi y Jairo Romero, contribuyeron enormemente a que pudiera fortalecer las competencias necesarias para coordinar y ejecutar una variedad de proyectos de desarrollo de productos, algunos de los cuales obteniendo el logro de prototipos y productos terminados, y del registro de propiedad intelectual. Agradezco enormemente a estos y otros colegas de Modine, Sandvik y Siemens por su aporte en mi camino profesional.

De manera especial, agradezco al ICIPC en Medellín, Colombia, en particular, a los directores Dr. Ing. Alberto Naranjo y María del Pilar Noriega, PhD., por abrirme las puertas al entorno profesional colombiano del sector de plásticos, por apoyar la iniciativa de la estructuración del nuevo proceso de desarrollo de productos en la organización, la creación de la presente Guía PDP, y por brindarme la oportunidad de aplicar y adaptar estas técnicas a las necesidades del ICIPC dentro de sus proyectos de desarrollo internos y con sus clientes. Estas experiencias ayudaron enormemente a estructurar y mejorar esta propuesta.

Muy especialmente al Dr. Ing. Alberto Naranjo, le agradezco por su tiempo, dedicación y valiosos consejos y críticas durante la creación y estructuración de esta primera versión de la Guía PDP. Sin sus aportes, la adaptación de las recomendaciones en la literatura y de las lecciones aprendidas en el contexto extranjero, no hubiera sido posible. Tampoco hubiera sido posible esta Guía sin la ayuda y contribución de mis colegas del ICIPC: Miguel Ángel Blanco, Diana Ángel, Juan Diego Sierra, Omar Estrada, Iván López, Jorge Villegas, Elkin Cardona, Juliana Restrepo, Jhorman Mena, Juan Camilo Estefan, Alejandro Betancur y Natalia Colmenares. Con ellos y todo el equipo del ICIPC, estoy muy agradecido.

Por otro lado, deseo agradecer a Colciencias, por haber apoyado el presente proyecto de fortalecimiento del ICIPC. Agradezco también a mi familia, en particular a mi esposa Juliana Escobar por su apoyo incondicional, no solo durante la elaboración de este proyecto sino también durante mi proceso de formación como Máster en Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	9
1. Introducción.....	10
1.1. Objetivos.....	10
1.2. Marco de desarrollo y financiación.....	11
2. Estado del Arte.....	11
2.1. Clasificaciones de la Innovación.....	12
2.2. Características de Proyectos de Innovación de Productos.....	15
2.2.1. Factores de Éxito en el Desarrollo de Nuevos Productos.....	17
2.3. Nuevos Servicios: Soluciones Intangibles.....	19
2.4. Rol de la Gestión del Conocimiento en el Proceso de Innovación.....	21
2.5. Proceso Genérico de Desarrollo de Producto o Servicio.....	21
2.6. Clasificaciones de Procesos de Desarrollo de Producto.....	24
2.6.1. El PDP Secuencial.....	24
2.6.2. El PDP Espiral.....	27
2.6.3. El PDP Céntrico.....	28
2.7. Desarrollo Concurrente de Productos y Servicios.....	29
2.8. Sistemas de Desarrollo de Productos.....	29
3. Adopción del PDP para el ICIPC.....	31
3.1. Justificación del PDP.....	31
3.2. Problemas típicos solucionados mediante un PDP ajustado a las necesidades.....	32
3.3. Diseño de un Proceso de Diseño.....	34
3.4. Encuesta ICIPC: Situación de Competencias para Proyectos de Desarrollo.....	36
4. PDP ICIPC.....	37
4.1. Elementos Básicos del PDP ICIPC.....	37
4.1.1. Etapas.....	39
4.1.2. Compuertas.....	40
4.1.2.1. Estructura de Compuerta.....	41
4.1.2.2. Criterios de Compuerta.....	42
4.1.2.3. Decisiones de Compuerta.....	44

4.1.2.4.	Tipos de compuerta en el proceso	44
4.1.2.5.	Evaluadores de Compuerta	45
4.1.2.6.	Hoja de puntuación (Scorecards)	45
4.1.2.7.	Protocolo de Compuerta	47
4.1.3.	El Líder del PDP	52
4.1.4.	El Líder de Proyecto	52
4.1.5.	Gestión del Riesgo	53
4.1.5.1.	Elementos del Riesgo	54
4.1.5.2.	Proceso de Gestión de Riesgo – PGR	56
4.1.5.3.	Categorización y Clasificación de Riesgos	58
4.1.5.4.	Registro de riesgo	59
4.1.5.5.	Implementación de PGR en la organización	60
4.1.6.	Escalabilidad del PDP	61
4.1.7.	Portafolio de Proyectos	62
4.1.7.1.	Revisiones de Compuerta y Revisiones de Portafolio	63
4.1.8.	Integración, Verificación y Validación	64
4.1.8.1.	Contexto del proceso de verificación y validación	64
4.1.8.2.	El Riesgo: Indicador del nivel de rigor para integración, verificación y validación	65
4.2.	ETAPA 0 – DESCUBRIMIENTO	66
4.2.1.	Actividades de la Etapa	66
4.2.1.1.	Identificación de Oportunidades	67
4.2.1.2.	Evaluación y Priorización de Proyectos	68
4.2.1.3.	Disponibilidad de Recursos y Planeación de Tiempo	70
4.3.	COMPUERTA 1 – Evaluación de objetivos	72
4.3.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos	72
4.3.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos	72
4.4.	ETAPA 1 – ALCANCE	73
4.4.1.	Actividades de la Etapa	73
4.4.1.1.	Evaluación de mercado preliminar	74
4.4.1.2.	Identificación de necesidades de usuario	76
4.4.1.3.	Evaluación técnica y tecnológica preliminar	78
4.4.1.4.	Exploración de proveedores y aliados	79
4.4.1.5.	Valoración preliminar financiera y de negocio	79
4.4.1.6.	Identificación preliminar de riesgo	79
4.4.1.7.	Planeación preliminar	80

4.5.	COMPUERTA 2 – Evaluación de idea del producto	81
4.5.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos.....	81
4.5.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos	81
4.6.	ETAPA 2 – DEFINICIÓN DEL CASO DE NEGOCIO	82
4.6.1.	Elementos del Caso de Negocio.....	82
4.6.1.1.	Definición de Producto	83
4.6.1.2.	Justificación del Proyecto.....	83
4.6.1.3.	Plan de Acción	84
4.6.2.	Actividades de la Etapa	85
4.6.2.1.	Análisis de Mercado	86
4.6.2.2.	Análisis de la Competencia	86
4.6.2.3.	Definición de Especificaciones Técnicas	87
4.6.2.4.	Diseño Conceptual	93
4.6.2.5.	Estudios de estado del arte.....	100
4.6.2.6.	Análisis Económico y Financiero	101
4.6.2.7.	Gestión de Propiedad Intelectual	104
4.7.	COMPUERTA 3 – Evaluación del Caso de Negocio	105
4.7.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos.....	105
4.7.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos	105
4.8.	ETAPA 3 – DESARROLLO	106
4.8.1.	Actividades de la Etapa	106
4.8.1.1.	Diseño para la Realización	109
4.8.1.2.	Modelo “Vee” para el ciclo de desarrollo y refinamiento.....	113
4.8.1.3.	Revisión del caso de negocio	115
4.8.1.4.	Consolidar aspectos legales de producto y producción.....	115
4.8.1.5.	Consideraciones en desarrollos colaborativos.....	115
4.9.	COMPUERTA 4 – Evaluación preliminar de diseño	116
4.9.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos.....	116
4.9.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos	116
4.10.	ETAPA 4 – REFINAMIENTO	117
4.10.1.	Actividades de la Etapa.....	117
4.11.	COMPUERTA 5 – Evaluación final de diseño	120
4.11.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos	120
4.11.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos.....	120
4.12.	ETAPA 5 – IMPLEMENTACIÓN	121

4.12.1.	Actividades de la Etapa.....	122
4.12.1.1.	Cierre del Proyecto	122
4.12.1.2.	Análisis retrospectivo de la gestión de riesgo en el proyecto.....	124
4.13.	COMPUERTA 6 – Evaluación de Proyecto	126
4.13.1.	Entregables técnicos de etapa sugeridos	126
4.13.2.	Entregables de gestión de etapa sugeridos.....	126
5.	Recomendaciones finales para el funcionamiento del PDP en el ICIPC	127
6.	Conclusiones.....	128
7.	Trabajo futuro.....	128
8.	Referencias	130
9.	ANEXOS.....	135
9.1.	Riesgos Típicos en Proyectos de Desarrollo de Productos.....	135
9.2.	Riesgos Típicos en Proyectos de Desarrollo de Servicios	138
9.3.	Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA).....	139
9.4.	Propuesta de lista de chequeo para simulaciones mecánicas computacionales –FEA–.....	145
9.5.	Recomendaciones para el diseño orientado al medio ambiente.....	146
9.6.	Encuesta ICIPC: Situación de Desarrollo de Producto (Antes de PDP)	148
9.6.1.	Tipos de proyectos.....	148
9.6.1.1.	Comentarios y Conclusiones	150
9.6.2.	Factores de éxito en proyectos de desarrollo de productos	150
9.6.2.1.	Comentarios y Conclusiones	155
9.6.3.	Actividades típicas del proceso de desarrollo.....	155
9.6.4.	Problemas típicos de proyectos de desarrollo.....	163
9.6.4.1.	Comentarios y Conclusiones	166
9.6.5.	Madurez de la organización en Gestión del Riesgo en proyectos de desarrollo	167
9.6.5.1.	Resultados y Conclusiones	167
9.6.5.2.	Preguntas de la encuesta	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Categorías de nuevos productos. Promedios porcentuales según PDMA de los últimos 20 años.	13
Figura 2. Tipos de innovación realizadas en el 2011 por empresas colombianas. Fuente ANDI-EOIC Junio 2012 [147].	14
Figura 3. Factores críticos de éxito en proyectos NPD [80].	18
Figura 4. Fases en Proceso Genérico de Desarrollo de Productos [133] 1) Descubrimiento, 2) Diseño, 3) Lanzamiento.	22
Figura 5. Tres perspectivas del proceso de desarrollo de nuevos productos NPD, según Tobias Larsson, et.al. [104]	23
Figura 6. Modelo de PDP en Cascada propuesto por la FDA	25
Figura 7. Modelo de PDP de Etapa-Compuerta "Stage-Gate" propuesto por Robert Cooper.	25
Figura 8. Proceso de Desarrollo de Productos de la empresa <i>Curve ID</i> Nueva York [13].	25
Figura 9. Modelo propuesto por PTC de PDP con actividades en secuencia y en paralelo para empresa de productos tangibles [4].	26
Figura 10. Modelo de Proceso de Desarrollo de Proyectos en "Ingeniería de Sistemas" del Departamento de Transporte de Estados Unidos [102][138].	27
Figura 11. Esquema de PDP en Espiral.....	28
Figura 12. Modelo de PDP céntrico propuesto por la FDA: <i>Total Product Lifecycle</i>	28
Figura 13. El PDS (<i>Product Design System</i>) habilita la articulación organizada entre los diferentes frentes de trabajo [4].	30
Figura 14. Método de Eppinger para el diseño del PDP a la medida de la organización [55].	35
Figura 16. Proceso de Desarrollo de Productos –PDP– del ICIPC.	38
Figura 15. Secuencia Genérica del PDP.	38
Figura 17. Esquema de Etapas y Compuertas del PDP.	40
Figura 18. Aspectos de Evaluación de Proyectos en la Compuerta	43
Figura 19. Caso de Riesgo gestionado a lo largo de la vida del proyecto: La inversión y el compromiso crecen en la medida que se reducen las incertidumbres.	55
Figura 20. Caso de Riesgo fuera de control a lo largo de la vida del proyecto: La inversión y el compromiso crecen pero no se reducen las incertidumbres.	55
Figura 21. PGR para Proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos y Servicios en el ICIPC.	56
Figura 22. Acople de procesos paralelos PDP y PGR en la gestión de un proyecto de desarrollo en el ICIPC.....	57
Figura 23. La Innovación Inteligente resulta de la sinergia entre PGR y PDP.	58
Figura 24. Modelo EFQM de excelencia organizacional para la gestión del riesgo [46].	60
Figura 25. Esquema ilustrativo de la escalabilidad del PDP del ICIPC.....	61
Figura 26. Niveles de toma de decisión en la gestión de portafolio [8].	63
Figura 27. Relación de actividades clave dentro de la <i>Etapa 0 de Descubrimiento</i> en el PDP.	66
Figura 28. Relación de actividades clave dentro de la <i>Etapa 1 de Alcance</i> en el PDP.	74

Figura 29. Frentes esenciales del Caso de Negocio.	82
Figura 30. Actividades típicas que definen los elementos del Caso de Negocio.	85
Figura 31. Establecimiento de especificaciones dentro del proceso de desarrollo conceptual (adaptado de Eppinger [10]).	88
Figura 32. Diseño Conceptual dentro del Proceso de Desarrollo Conceptual (adaptado de Eppinger [10]).	93
Figura 33. Interacciones entre factores internos en proyectos de desarrollo de productos [10].	103
Figura 34. Actividades comunes dentro de la <i>Etapa 3 de Desarrollo</i> en el PDP Elementos para el detalle del plan de trabajo (<i>Work Breakdown Structure WBS</i>).	108
Figura 35. Modelo "Vee" [102] adaptado para las etapas de <i>Desarrollo y Refinamiento</i> del PDP.	113
Figura 36. Actividades comunes dentro de la <i>Etapa 4 de Refinamiento</i> en el PDP.	118
Figura 37. Actividades comunes dentro de la <i>Etapa 5 de Implementación</i> en el PDP.	122

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de PDP secuencial empleados en la industria.....	24
Tabla 2. Hoja de Puntuación de proyectos NPD. Adaptada de Robert Cooper [9] para el ICIPC.....	46
Tabla 3. Reglas de Compuerta para Evaluadores.	50
Tabla 4. Ejemplo de Cuadro de Riesgo (Método Delphi).....	60
Tabla 5. Ejemplo de lista de necesidades identificadas de usuario para la suspensión de una nueva motocicleta....	78
Tabla 6. Definición de las métricas para las especificaciones de producto. – Ejemplo: Suspensión de moto.	89
Tabla 7. Referenciación competitiva (<i>benchmark</i>) basada en satisfacción percibida de necesidades. - Ejemplo: Suspensión de moto. Mayor cantidad de puntos en una referencia indica que cumple satisface mejor la necesidad.	90
Tabla 8. Algunos aspectos de utilidad de la información contenida en documentos y bases de datos de patentes [42].	101
Tabla 9. Ejemplo de encuesta de análisis retrospectivo del proyecto [49].	125
Tabla 10. Tabla de diagnóstico de madurez de la organización en competencias de Gestión de Riesgo en Proyectos de Desarrollo [46].	167
Tabla 11. Patrón de calificación para el Punto 5 de la encuesta según el total de respuestas afirmativas. Tomado del <i>Project Risk Management Handbook</i> (Bart Jutte, 2009) [46].	172
Tabla 12. Nivel de madurez de la organización en competencias de Gestión de Riesgo en Proyectos de Desarrollo, según el nivel de calidad obtenido. Tomado del <i>Project Risk Management Handbook</i> (Bart Jutte, 2009) [45].	172

1. Introducción

Hoy en día, particularmente en nuestro medio colombiano, aun existe la creencia de que el logro de un producto o servicio con valor agregado en el mercado, es suficiente para poder establecer una empresa excelente y competitiva; o en otras palabras, que un cambio innovador en la organización se da como respuesta a un cambio o innovación técnica y tecnológica introducida exitosamente en el mercado. Sin embargo, como se plantea en el *Manual de OSLO* [32], realmente, se requiere primero una innovación organizacional como precondition para emprender de manera sostenida la innovación técnica y tecnológica en productos y servicios diferenciados y exitosos en el mercado.

Las innovaciones organizacionales no son solamente un factor preponderante para la innovación en productos. También como tales, pueden tener enormes impactos en el desempeño de la organización; y pueden mejorar considerablemente la calidad y eficiencia del trabajo, promover el flujo e intercambio de información, y fortalecer la capacidad de la organización para aprender y emplear nuevos conocimientos y tecnologías.

Soportando esta dinámica, se hacen evidentes las observaciones de numerosos investigadores en el tema de gestión de la innovación, que indican que los jugadores más serios en la competencia por productos y servicios exitosos invierten un gran esfuerzo para cuidar su marcador en el *juego de la innovación*, al entender bien aquello que se puede definir como un *nuevo producto*, y sobre todo, dominando las técnicas y factores que determinan cómo éste se puede lograr exitosamente ([3][8][9]).

El desarrollo de nuevos productos (*New Product Development -NPD*) es reconocido hoy en día como la actividad más importante de la empresa moderna [9], pues es el motor para su supervivencia, crecimiento y renovación. Este punto de vista lo soporta la trayectoria de numerosas empresas, que deben al NPD su crecimiento y posición dominante en el mercado [9][50].

En el entorno nacional, los empresarios y organizaciones colombianas se han comenzado a dar cuenta a través de los últimos años, que el secreto de la competitividad, tanto a nivel local como a nivel internacional, está en la *Innovación* ([125][126][127][147][148]). Estratégicamente gestionada y disciplinadamente coordinada y ejecutada, la innovación es el motor para la industria Colombiana poder participar y competir en el mercado mundial, con una mayor diversidad de productos transformados y de alto valor agregado, particularmente de cara a los tratados de libre comercio que buscan articular más al país en la dinámica económica mundial, y contribuir a su desarrollo y crecimiento.

Es la naturaleza del *Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho –ICIPC*, la aplicación de estrategias a partir del conocimiento, dirigidas a la innovación de materiales, procesos, productos y servicios de alta tecnología en la ciencia de los materiales poliméricos, para las empresas fabricantes, usuarias o transformadoras de estos materiales, con el propósito de contribuir a la competitividad, productividad e innovación de ellas.

Uno de los enfoques principales del ICIPC es desarrollar y ofrecer soluciones técnicas y tecnológicas, como la prestación de servicios de capacitación, la asesoría y consultoría, y las pruebas de laboratorio, entre otras. Promoviendo la conciencia por la importancia de la innovación en el sector, el ICIPC frecuentemente también participa en proyectos de innovación y desarrollo de productos tangibles, los cuales se emprenden conforme al plan estratégico de la organización, bajo modalidades de: a) contrato directo con empresas clientes que requieren acompañamiento y asesoría técnica en diferentes actividades y fases de desarrollo; b) Programas y convocatorias para el desarrollo y fortalecimiento tecnológico del país; o c) bajo iniciativa interna.

1.1. Objetivos

La creación de la presente *Guía para la elaboración de nuevos productos y servicios*, tiene como objetivo principal promover una innovación organizacional para mejorar la eficiencia y la comunicación certera, clara y oportuna en el desarrollo de productos y servicios en el ICIPC. Así mismo, establecer los lineamientos de trabajo para conducir la adopción, adaptación y práctica de un Proceso de Desarrollo de Producto (PDP) que ayude a planear, ejecutar y gestionar sistemáticamente proyectos de desarrollo para nuevas soluciones técnicas y tecnológicas (productos y servicios) que satisfagan necesidades concretas del mercado.

Específicamente, la aplicación del PDP se orienta tanto al desarrollo de nuevas soluciones dentro del ICIPC para su público objetivo, como también, para acompañar y asesorar a clientes industriales en el desarrollo de nuevos productos para su mercado.

1.2. Marco de desarrollo y financiación

El presente proyecto se realizó en el marco del plan de fortalecimiento institucional del Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho 2010-2011, con el objetivo de fortalecer técnica y administrativamente al ICIPC a través de la creación e implementación de una metodología PDP (*Product Development Process*) ajustada a las necesidades de la institución, y su aplicación a casos reales, entre ellos, la creación de los nuevos servicios de laboratorio en resistencia al impacto para nuevos materiales poliméricos [1]. Este proyecto contó con el apoyo de Colciencias mediante el recurso financiero del *Patrimonio autónomo fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas*.

Así mismo, la primera versión de esta propuesta constituye el trabajo de grado del autor como requisito para optar al título de Maestría en Ingeniería Aplicada de la Universidad EAFIT. Se pretende que este documento se continúe actualizando y adaptando a las nuevas condiciones de trabajo y requerimientos del ICIPC, en su camino de apoyo a las necesidades cambiantes de la industria y de crecimiento en Investigación, Desarrollo e Innovación.

2. Estado del Arte

Una *Innovación*, acorde con el Manual de Oslo [32], se define como: “*La implementación de un nuevo o significativamente mejorado producto o proceso; un nuevo método de mercadeo; o un nuevo método organizacional relacionado con prácticas de negocio y estructura del entrono de trabajo o de relaciones externas*”. Esta amplia definición de innovación cubija un rango grande de posibles innovaciones, sin embargo, dentro del eje temático de la presente guía, se aplicará principalmente en innovación de productos y servicios.

El Manual de Oslo explica que las actividades de innovación incluyen todos los pasos, desde el punto de vista científico, tecnológico, organizacional, financiero y comercial, que conducen, o se proponen para conducir, la implementación de innovaciones. Algunas de estas actividades pueden ser innovadoras por sí mismas, mientras que otras no son necesariamente novedosas pero sí necesarias para la implementación de la innovación.

Se reconoce, por tanto, que el requisito mínimo para una innovación, es que el producto, proceso, método de mercadeo o método organizacional, debe ser nuevo o mejorado significativamente para la organización. Esto incluye productos, procesos y métodos que son los primeros en ser desarrollados, como también, aquellos que han sido adoptados de otras firmas u organizaciones.

Para comprender mejor el merito del esfuerzo de tantos investigadores en torno al tema de la gestión de la innovación, es crucial entender las razones por las cuales las organizaciones innovan. Quizá una de las más importantes es para poder mejorar su desempeño económico, por ejemplo, mediante el incremento de demanda o la reducción de costos. Un nuevo producto o proceso puede ser la fuente de una ventaja en el mercado para quien innova.

La innovación apunta a la sostenibilidad y crecimiento de la organización: en el caso de procesos innovadores que mejoran la productividad y eficiencia, la organización puede obtener una ventaja en costos sobre sus competidores y lograr mejores márgenes; en el caso de innovaciones en productos, la organización puede lograr ventaja competitiva mediante la introducción de un nuevo producto, permitiéndole participar de mayores demandas e ingresos.

Cuando los cambios en los métodos organizacionales conducen a mejorar la eficiencia y calidad de las operaciones, se mejoran las oportunidades para el incremento de demanda o reducción de costos. De esta manera, la innovación misma también puede contribuir a mejorar el desempeño, al incrementar la habilidad de la organización para innovar. Por ejemplo, con mejoras en la capacidad de procesos de producción, se posibilita el desarrollo de un nuevo abanico de productos. Así mismo, nuevas prácticas organizacionales pueden mejorar la habilidad para obtener y generar nuevo conocimiento que puede ser empleado para desarrollar otras innovaciones.

Múltiples investigaciones ([3][4][6][7][9][10][39][56]) han confirmado que un *Proceso de Desarrollo de Productos – PDP–* es una de estas formas de innovación organizacional y un factor crucial en el éxito de la gestión de proyectos para el Desarrollo de Nuevos Productos – NPD –.

En general, el *ciclo de vida de proyectos de desarrollo* es concebido como una serie de fases, determinadas por las necesidades de control y gestión de riesgo para el logro de los objetivos de innovación de las organizaciones involucradas. Consecuentemente, una variedad de modelos de gestión se encuentran en uso en las organizaciones hoy en día. Algunos de ellos son tradicionales, como el ciclo basado en “*Planear, Hacer, Verificar, Ajustar*” (P.H.V.A.) [2][128]; o el ciclo basado en la esencia de “*concepto, definición, ejecución y cierre*”. Se percibe sin embargo, que estos modelos, aunque son en muchas organizaciones la esencia para ajustar y mejorar procesos, se quedan cortos para apoyar la gestión eficaz de riesgos y actividades propias de proyectos de innovación y desarrollo de productos debido a su naturaleza rígida y genérica, los cuales, a su vez, pueden poseer características y condiciones muy diferentes entre sí.

A través de los últimos 30 años han surgido, por tanto, otros modelos más específicos y particularizados para el desarrollo sistemático de productos tangibles e intangibles, que se han estado implementando en organizaciones de talla mundial, muchos madurados con base en prueba y error, y en la recopilación de lecciones aprendidas en diversos proyectos. Estos nuevos modelos varían entre organizaciones, según las necesidades particulares y características de cada una [8].

La selección y diseño efectivo del PDP para una organización no es algo trivial, y con frecuencia en las empresas existe una comprensión limitada de las diferencias de su proceso de desarrollo frente a los que pueden existir en otras empresas. Adicionalmente, muchas veces las empresas que comienzan a diseñar y adoptar un PDP, instauran un esquema estándar de la literatura, pero no reconocen las diferencias entre las variantes y las razones por las que otros competidores con trayectoria los adaptan según sus necesidades particulares [86].

En esta sección del *Estudio del Estado del Arte*, se presentan las características relevantes de un Proceso de Desarrollo de Producto, las motivaciones para su creación e implementación, y se busca sentar las bases de algunas diferencias esenciales entre las variantes de este tipo de proceso organizacional.

2.1. Clasificaciones de la Innovación

Como lo explican diversas fuentes reconocidas, por ejemplo, la OECD (*Organisation For Economic Co-Operation and Development*) mediante el “*Manual de Oslo*”, y el PDMA (*Product Development and Management Association*) en sus diversas publicaciones, una nueva solución o producto, entendido como un bien tangible o uno intangible (servicio), en el ámbito del sector industrial y de sectores orientados al mercado, comprende dos dimensiones principales ([3][9][27][28][32]):

- **Nivel de novedad para la organización:** la organización nunca antes lo ha realizado o comercializado, pero posiblemente otras sí.
- **Nivel de novedad para el mercado:** el producto es el primero de su clase en el mercado.

Más aún, acorde con estas dos dimensiones, los productos lanzados al mercado por una organización, son clasificados por el PDMA según las siguientes categorías:

1. Nuevas líneas de producto o servicio.
2. Mejoras a productos o servicios existentes.
3. Reducción de costos.
4. Adiciones a líneas de producto o servicio existentes.
5. Reposicionamientos en el mercado.
6. Productos nuevos al mundo.

En la Figura 1 se muestra la proporción en promedio de clasificación de nuevos productos desarrollados en los últimos 20 años por organizaciones altamente reconocidas, a partir de estadísticas del PDMA [9][145][146].

Muchas firmas tienen en su portafolio una mezcla de estos tipos de soluciones de innovación, donde parte de sus recursos son invertidos en el desarrollo de nuevos productos o servicios, buscando nuevas fuentes de ingreso, y

otra parte, en asegurar y mantener las fuentes de ingreso (productos) existentes. Infortunadamente, puede darse el caso en que el balance entre los dos tipos de proyectos no es óptimo: invirtiendo mucho tiempo en cambios de bajo riesgo que no representan nuevas fuentes de ingreso. Un buen portafolio de productos y servicios se logra con una mezcla adecuada de soluciones que permiten conservar la participación existente en el mercado, al tiempo que se exploran nuevas oportunidades.

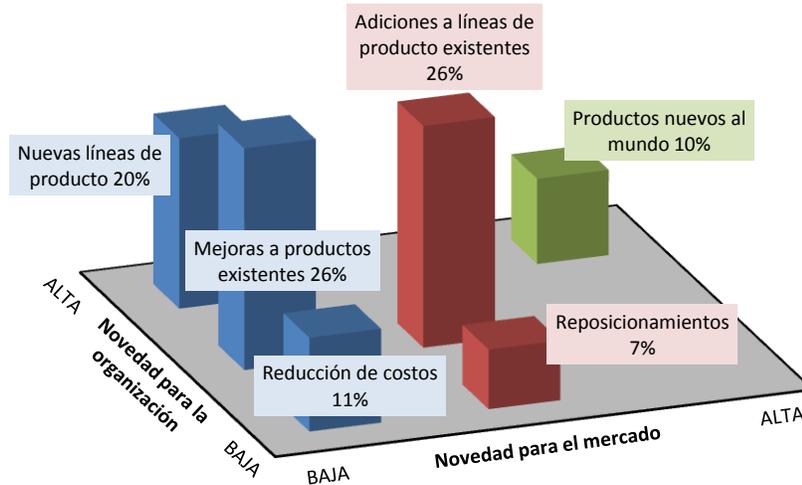


Figura 1. Categorías de nuevos productos. Promedios porcentuales según PDMA de los últimos 20 años.

Por otra parte, la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia –ANDI, mediante la Encuesta de Opinión Industrial Conjunta – EOIC [147], registró, al finalizar el primer semestre del 2012, un comportamiento interesante y relativamente positivo en el entorno colombiano, respecto a la actividad manufacturera, con crecimientos moderados en producción y ventas, utilización de la capacidad instalada alrededor del promedio histórico, pedidos en niveles normales y un buen clima para los negocios. La Figura 2 referencia, en particular, el resultado de esta encuesta en relación a los tipos de innovación realizados por las empresas. Se observa una situación interesante en la que la mayoría de empresarios ya reconocen los tipos de innovación principales, y han comenzado a mostrar mayor conciencia en implementación de estrategias exitosas para cada tipo de innovación, tanto radical en nuevos productos y servicios, en nuevos métodos y prácticas organizacionales, así como en proyectos de innovación incremental de productos y procesos existentes.

La mayor presencia relativa de proyectos de desarrollo de productos y servicios completamente nuevos, de innovación radical, es un buen signo de un país que está buscando ponerse a la par con otros países más industrializados, adoptando técnicas y tecnologías que hasta el momento no se tenían localmente, e incluso generando innovaciones importantes nuevas para el mundo.



Figura 2. Tipos de innovación realizadas en el 2011 por empresas colombianas.
Fuente ANDI-EOIC Junio 2012 [147].

Así como en los tipos de innovación reconocidos dentro de la encuesta de la ANDI-EOIC, es común encontrar también, en la terminología de organizaciones y de otros autores ([10][11][53][74]), una clasificación alterna para proyectos, resumida en cuatro tipos, como se presenta a continuación. Esta clasificación más genérica se ajusta mejor a los tipos de proyectos de desarrollo tradicionales del ICIPC, incluyendo, por ejemplo, los que se realizan bajo contrato con entidades del Estado, como Colciencias, en el marco de convocatorias de ciencia, innovación y tecnología.

- **Desarrollo de nuevas plataformas de productos:**

Una plataforma tecnológica es un facilitador para la creación de una serie de productos o servicios que pueden ser nuevos o mejorados. Crear una plataforma implica invertir en nuevas capacidades como hardware, software o tecnologías, y coordinar un alto esfuerzo y riesgo de desarrollo.

- **Desarrollos derivados de plataformas de productos existentes:**

Estos proyectos extienden, con una o más soluciones nuevas, una plataforma existente para atender mejor necesidades y mercados conocidos. Cobija los nuevos productos y nuevas líneas de producto.

- **Desarrollos de mejoramiento incremental o innovación incremental:**

Estos proyectos consideran adicionar o mejorar nuevas características a soluciones existentes a fin de mantener vigente y competitiva la línea de producto o servicio. Además, cobijan mejoras en productos y procesos para la reducción de costos.

- **Desarrollo de soluciones fundamentalmente nuevas o innovación radical:**

Estos proyectos buscan generar soluciones radicalmente nuevas, las cuales pueden permitir atender necesidades o mercados nuevos o desconocidos. Estos proyectos inherentemente involucran un mayor riesgo, sin embargo, el éxito a largo plazo de la organización puede depender de lo aprendido durante este tipo importante de proyectos.

Una característica obvia de la innovación es que la solución desarrollada debe llevarse hasta la implementación. Un producto nuevo o mejorado se implementa cuando éste es introducido en el mercado; y los nuevos procesos, métodos de mercadeo, o métodos organizacionales, se implementan cuando se ponen en práctica dentro de las operaciones de la organización.

De una organización a otra, las actividades de innovación varían notablemente en su naturaleza. Algunas organizaciones articulan y emprenden proyectos de innovación bien definidos, tales como el desarrollo e

introducción de un nuevo producto; mientras que otras, se dedican principalmente a trabajar en el mejoramiento continuo de sus productos, procesos y operaciones. Ambos tipos de organizaciones pueden ser innovadoras, ya que la innovación puede consistir en la implementación de un cambio significativo, o de una serie de pequeños cambios incrementales que en conjunto representan un cambio significativo.

Por otra parte, el Manual de Oslo [32] distingue cuatro tipos de innovación en la industria, este enfoque es otra manera de entender los niveles en los que se pueden realizar proyectos de desarrollo:

- **Innovación en Productos**

Es la introducción de un bien o servicio que es nuevo o significativamente mejorado con respecto a sus características o propósito de uso. Esto incluye mejoramientos significativos en las especificaciones técnicas del producto, en componentes y materiales, en el software incorporado, en la facilidad de uso, u otras características funcionales.

- **Innovación en Procesos**

Es la implementación de un método, nuevo o mejorado, de producción, operación o entrega. Esto incluye mejoramientos significativos en las técnicas, equipos y / o software.

- **Innovación en Mercadeo**

Es la implementación de un método nuevo de mercadeo, involucrando cambios significativos en el diseño o presentación (empaquete), ubicación y disponibilidad del producto, promoción y precio.

- **Innovación Organizacional**

Es la implementación de un nuevo método organizacional en las prácticas de negocio de la organización, en la estructura organizacional o en las relaciones externas.

En particular, las innovaciones organizacionales son desarrolladas para mejorar el desempeño de la empresa, mediante la reducción de costos administrativos o de operaciones, para aumentar la satisfacción en el lugar de trabajo y por ende la productividad, y para facilitar el acceso a, y aprovechamiento de activos intangibles como el conocimiento, o la reducción de costos de insumos y equipos, entre otras razones.

Con esta Guía de PDP, se introduce a manera de innovación organizacional, un método para organizar las rutinas y operaciones que conducen el trabajo para el desarrollo de nuevos productos y servicios tecnológicos, en las prácticas de negocio del ICIPC.

2.2. Características de Proyectos de Innovación de Productos

Los proyectos de desarrollo de nuevos productos comparten muchas características de gestión y control de otros tipos de proyectos, sin embargo, poseen al menos cinco características principales que los hacen especiales y particulares, ameritando que las organizaciones les den un tratamiento diferente [50]:

1. **Novedad Tecnológica:**

Los proyectos que involucran una mayor novedad tecnológica poseen una mayor incertidumbre que aquellos basados en tecnologías más maduras [57]. Por ejemplo, proyectos de NPD en que se crean nuevas plataformas, tienen un mayor nivel de novedad tecnológica que proyectos en que se adapta una plataforma a un nicho de mercado. Dado que la esencia del desarrollo de nuevos productos –NPD, incluyendo proyectos de desarrollo de software, es la ventaja tecnológica, una gran cantidad de estos proyectos poseen un nivel entre medio y alto de incertidumbre tecnológica. Los proyectos de desarrollo de producto basados en plataformas existentes en el grupo de desarrollo, incluyendo técnicas de manufactura, materiales, conocimientos, métodos y herramientas de diseño, entre otros elementos, generalmente trabajan con tecnologías maduras (baja novedad tecnológica), y tienen menores incertidumbres tecnológicas. Generalmente los proyectos con mayor incertidumbre requieren un estilo de Proceso de Desarrollo de Productos más riguroso en las actividades y los entregables, pero a la vez, flexible en cuanto a las iteraciones permitidas [53].

2. **Visibilidad del Producto:**

¿En qué medida se puede ver o tocar el producto de un proyecto? Esta pregunta relaciona las características de la visibilidad del producto. Por ejemplo, desarrollos de software, de procedimientos y de servicios, tienen poca visibilidad, en tanto que los proyectos de construcción o de desarrollo de nuevos productos (tangibles), poseen una visibilidad concreta. Las diferencias en la visibilidad del producto, en general exigen diferencias en el proceso de desarrollo que se aplica en la gestión del proyecto.

Los productos tangibles son más fáciles de visualizar, lo cual facilita la transformación de esta visibilidad en un alcance del proyecto que puede ser cuantificado y estimado en entregables e hitos de un proceso de gestión. En contraste, es más difícil para un grupo de desarrollo de software o de un servicio, visualizar su producto más allá que a través de una serie de especificaciones y requerimientos. Esta intangibilidad en la visualización, es más difícil de traducir en un alcance tangible del proyecto, que pueda ser similarmente cuantificado y estimado en los entregables e hitos del proceso de gestión del proyecto.

3. Agilidad:

Los proyectos de desarrollo de nuevos productos y servicios con frecuencia se justifican en la agilidad con que se puedan ejecutar, y la habilidad de poder acelerar estos proyectos por encima de la competencia y dentro de una ventana de oportunidad [58]. La agilidad otorga precios *premium*, mejor participación del mercado y mayores ganancias, y crea una ventaja competitiva al responder a las necesidades de los clientes de primero, respondiendo antes que la competencia a mercados cambiantes [9]. Menores tiempos de desarrollo, también significan bajas probabilidades de que las condiciones del mercado cambien radicalmente durante el tiempo del proyecto.

Sin embargo, se debe aclarar que demasiada prisa puede también ser perjudicial [50]. Por ejemplo, pueden ocurrir muchos errores cuando una organización omite pasos en el proceso de desarrollo, lo cual es algo típico al buscar acelerar proyectos de NPD. Adicionalmente, las presiones de proyectos rápidos puede absorber los recursos de la organización, dejando otros proyectos sub-asignados, y retrasados.

Estas diferencias en velocidad de desarrollo tienen sus requerimientos. Los proyectos rápidos requieren de un Proceso de Desarrollo de Producto (PDP) que sea flexible, en el cual las actividades se puedan llevar a cabo paralelamente a fin de acelerar su ejecución y acortar su duración ([59][63][79]), lo cual requiere buenas competencias de gestión de proyectos y de riesgo, y disponibilidad de recurso suficiente.

4. Posibilidad de Cambio:

Este aspecto considera la magnitud de las consecuencias de requerir cambios en el proyecto o diseño del producto a lo largo del proyecto. Típicamente, entre más tarde ocurran cambios en el ciclo de vida del proyecto, más graves serían las consecuencias. Para proyectos de desarrollo de nuevos productos, el nivel de posibilidad de cambio es amplio al inicio del proyecto, y se mantiene limitado en las etapas finales del proceso, debido a los altos costos asociados a los cambios, incluidos cambios en interfaces, herramental, montajes, materiales, procesos de manufactura, etc. En contraste, para proyectos de software y algunos desarrollos de servicios, si se consideran estos productos como frutos puramente del intelecto, no habría cambios tangibles como en materiales, herramental, etc., lo cual resulta en cambios relativamente menos costosos.

5. Nivel de Riesgo:

En proyectos NPD, las tecnologías en nuevos productos y procesos contribuyen a incrementar el riesgo. Adicionalmente, el nivel de riesgo crece si el proyecto involucra mucha gente, o si requiere de la interacción de personas en diferentes grupos externos. También crece el riesgo si el producto y la aplicación tienen alta complejidad, y si se sufre de falta de recursos suficientes o de competencias en el equipo. Consecuentemente, muchos proyectos de desarrollo se enfrentan a niveles medios y altos de riesgo [49][50].

Este análisis de las características de proyectos NPD apunta a una conclusión clara: Mientras que los proyectos de NPD tienen muchas similitudes con otro tipo de proyectos, también tienen diferencias. Tales diferencias y características, como se exponen en esta Guía, han motivado a los expertos a describir los proyectos NPD como un “microcosmos de la organización” [80]. Es por esto que, debido a que los proyectos NPD típicamente se implementan bajo presiones financieras y de tiempo, tienden a exponer las fortalezas y debilidades de la

compañía, incluyendo su cultura, sus sistemas y competencias de gestión, su estructura organizacional y sus personas. Por esto, los proyectos NPD son pruebas exhaustivas en tiempo real de toda la organización.

2.2.1. Factores de Éxito en el Desarrollo de Nuevos Productos

Debido a las diferencias básicas entre los proyectos NPD y otros proyectos, es razonable esperar diferencias en los factores críticos para el inicio, desarrollo y cierre exitoso de estos proyectos. Estos factores, como se esquematizan en la Figura 3, impactan de manera importante el ciclo de vida de los proyectos de desarrollo de nuevos productos y servicios ([50][74][75][81]). Por tanto, a partir de la incorporación juiciosa de estos factores en el proceso de innovación, las empresas más exitosas han adoptado y madurado su Proceso de Desarrollo de Producto –PDP (particularizando otros procesos más genéricos). Los factores principales se describen a continuación, pues se hará referencia a ellos en esta Guía.

- **Equipo del proyecto:**

Los equipos del proyecto de desarrollo son absolutamente críticos para el éxito del desempeño del proceso empleado en NPD. Estos incluyen, personas que convierten las ideas ambiguas y conceptos en diseños trabajables de producto. Para esto, los equipos requieren de varias características. La primera, consiste en ser inter-funcionales (*cross-functional*), con miembros o competencias de diferentes áreas, desde ingeniería hasta mercadeo. La diversidad funcional incrementa la variedad y cantidad de información que los miembros pueden usar para mejorar el desempeño del PDP. La segunda característica es tener procesos y herramientas efectivas dentro del grupo que son vitales para el PDP, especialmente en comunicación. La comunicación interna del grupo genera mayor información y mayor cohesión, y reduce los malos entendidos y dificultades, mejorando por ende, la agilidad y la productividad [89]. Un impacto similar sucede cuando se entabla una comunicación frecuente con proveedores, clientes, y otro tipo de personal organizacional. La tercera característica crítica del equipo es la organización del trabajo, lo que incluye planeación, estructura organizacional, disciplina de trabajo, seguimiento y gestión del proyecto.

- **Líder del proyecto:**

Como miembro esencial en el equipo del proyecto, el líder del proyecto impacta críticamente la efectividad tanto del desempeño del proceso de desarrollo (PDP), como del producto. Varias características de liderazgo son importantes en él [50][81]. Por una parte, los líderes empoderados son eficaces en la negociación y la consecución de recursos; atraen, conservan y cultivan miembros para el equipo, y mantienen el equipo enfocado y motivado. Por otra parte, la *visión* es igualmente importante: es mucho más efectivo el líder con la habilidad de conectar las estrategias de la compañía con las necesidades del cliente/usuario para crear un concepto de producto exitoso. Finalmente, los líderes con un perfil de competencias integral, incluyendo experiencia industrial y habilidades técnicas, administrativas, interpersonales y de negocio, realizan una mayor contribución a la agilidad, productividad y efectividad del desarrollo del producto.

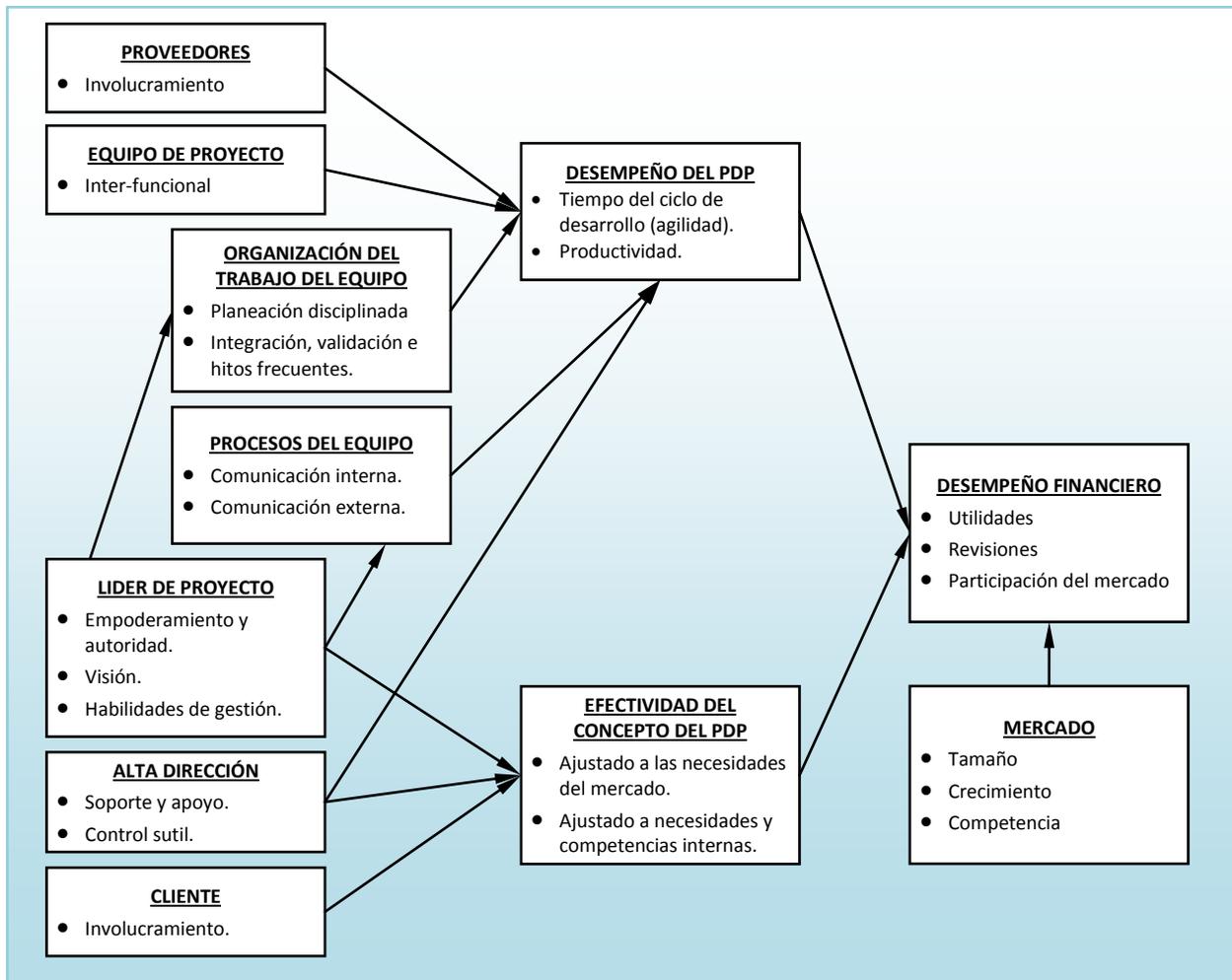


Figura 3. Factores críticos de éxito en proyectos NPD [81].

- **Alta dirección:**

Junto con el líder del proyecto, el apoyo de la alta dirección interna, o del cliente en un desarrollo acompañado, es esencial para proyectos NPD efectivos [9]. Este apoyo es básico, para asegurar los recursos que permitirán atraer buenos miembros al equipo del proyecto, para recibir la aprobación del proyecto, y para encontrar fondos de financiación. Igualmente importante al desempeño del proceso y un logro efectivo de producto, es la capacidad de la alta dirección en ejercer control de forma sutil, el cual incluye el trabajo en conjunto con el líder del proyecto para desarrollar y comunicar un concepto de producto o servicio distintivo y coherente. Este control también significa dar autonomía al equipo del proyecto para ser creativo y estar motivado.

- **Proveedores y Clientes:**

La relación e involucramiento de los clientes y proveedores de forma frecuente y desde temprano en el proceso de desarrollo, es también de alta importancia en proyectos NPD. Esta relación permite disminuir la complejidad de diseño, contribuyendo a que el proyecto NPD sea más ágil y productivo. Adicionalmente, el involucramiento del cliente en el proyecto, generalmente contribuye a reducir los errores en el diseño del producto y mejorar la efectividad del concepto de diseño.

- **Desempeño financiero:**

La efectividad del nuevo producto en el mercado y el desempeño del proceso de desarrollo, son dos factores que interactúan para predecir el desempeño financiero del producto [81]. Un proceso de desarrollo que sea productivo conlleva a menores costos, consecuentemente a permitir reducir precios y por tanto a una mayor probabilidad de éxito del producto en el mercado. Adicionalmente, un proceso ágil provee flexibilidad estratégica y menores tiempos de salida al mercado, lo cual también facilita el éxito financiero del producto. Con respecto al impacto de la efectividad del producto, son características de éste, como un precio competitivo y los beneficios únicos ofrecidos al usuario, lo que también conduce al éxito financiero del producto.

El desempeño financiero del producto también es afectado por las condiciones del mercado: su tamaño, su crecimiento y el nivel de competencia. Unas condiciones favorables en el mercado contribuyen a un volumen significativo de ventas y a generar oportunidades para introducir nuevos productos.

En conclusión, un fuerte PDP ejercitado por un equipo competente durante la gestión de proyectos NPD, un producto atractivo y un mercado saludable son factores claves para el éxito financiero del producto.

2.3. Nuevos Servicios: Soluciones Intangibles

Muchas compañías tradicionales de manufactura, han reconocido por varios años la necesidad de ser eficientes en el desarrollo de productos como arma competitiva en el mercado. Gran parte de ellas, principalmente creadoras de soluciones tangibles, como *SIEMENS*, *BASF*, *General Electric*, *DuPont* y *GM*, entre muchas otras, han implementado y madurado un proceso de desarrollo para sus productos. De forma natural, la mayoría de estas empresas también han desarrollado procedimientos eficientes para la creación de nuevos servicios que respaldan el ciclo de vida de sus productos.

Por su parte, el sector puramente de servicios ha sido relativamente más lento en adoptar una posición más agresiva en esta área [10]. No obstante, hoy y en día, se ve una mayor conciencia por el desarrollo sistémico de servicios como estrategia de competencia. Compañías de servicios en diversos sectores, como *Visa*, *Marriot*, *Bank of America*, *Verizon*, *Google*, *ARUP*, *Standford University*, *MIT*, *Harvard*, *Curve-ID*, entre muchas otras, han implementado procedimientos internos eficaces para el desarrollo efectivo de nuevos servicios.

¿Qué significa “un nuevo servicio”? El argumento de que son pocos los servicios realmente nuevos para el mundo es probablemente cierto. Se puede discutir que muchos de los servicios nuevos de una organización son nuevas versiones de un servicio existente o adaptaciones de servicios de la competencia. Para muchas organizaciones, un nuevo servicio se clasifica desde la perspectiva del cliente en cuanto a que le representa un cambio. “Nuevo” es un cambio que afecta a, o es notorio por, el cliente, quien obviamente lo puede percibir en diferentes niveles. Se deriva entonces, que al igual que en el caso de nuevos productos tangibles, un nuevo servicio puede serlo, debido a que es nuevo para la compañía, nuevo para el mercado, o ambos.

En general, es común encontrar la percepción de que desarrollar, ofrecer y prestar un nuevo servicio exitoso, es relativamente más retador que desarrollar un producto tangible [10]. Esto puede deberse a cuatro características propias de la solución en forma de servicio [50]:

1. Intangibilidad:

A diferencia de los productos tangibles, los servicios no tienen una forma física, lo cual significa que los clientes no pueden “ver” el servicio antes de adquirirlo, o tampoco se lo pueden llevar “a casa” una vez lo han comprado. Esto hace que el proceso de compra de un servicio sea más complejo que el de la compra de un producto tangible, pues es difícil convencerse de las características de superioridad o de calidad antes de pagar por la solución.

Tan difícil puede ser para los clientes ver o tocar la solución antes de comprarla, como para los desarrolladores, antes de implementarla. Por tanto, las actividades de diseño y validación se hacen difíciles en un entorno donde sean limitados la infraestructura y el capital financiero e intelectual. Lo mismo es cierto cuando no es posible tener prototipos físicos para validar en el mercado, y cuando la información de investigación de mercado es más de carácter cualitativo que cuantitativo. Todo esto significa que el tiempo desde la formulación de una idea para un servicio, hasta su lanzamiento, puede en efecto ser corto, lo cual

puede asociarse a menudo con que la solución tenga alto riesgo de estar mal concebida. No obstante, es importante que las organizaciones aceleren de forma eficaz su proceso de creación de soluciones de servicio, ya que resulta relativamente fácil para la competencia copiar este tipo de soluciones.

Mientras que los costos financieros de desarrollo de un nuevo servicio pueden ser bajos, en comparación con los del desarrollo de un nuevo producto, los costos intangibles y el riesgo de entrar pobremente en el mercado pueden ser altos, ya que los clientes no conocen el servicio a priori. Por esto, a fin de acelerar la adopción exitosa en el mercado, varias empresas procuran generar *tangibilidad* mediante características adicionales en el diseño del servicio. Por ejemplo, mediante descuentos de precio en la estrategia promocional, o vinculando la experiencia del cliente en un servicio recibido anteriormente con el nuevo; también se suele aprovechar la imagen y reputación de la organización para vincular el nuevo servicio y ayudarlo a que sea mejor aceptado en el mercado.

2. Inseparabilidad:

El acto de ofrecer y prestar un servicio es virtualmente inseparable del acto de consumo por el cliente. Por consiguiente, la estructura organizacional de las firmas de servicios afecta más seriamente el proceso de desarrollo que a las firmas dedicadas a producir soluciones tangibles. El desarrollo de nuevos servicios es un proceso interactivo e involucra todos los departamentos o áreas de la organización porque cada uno juega un papel específico en la prestación final del servicio.

Por otra parte, en un canal corto de distribución del servicio, la calificación del servicio por parte de los clientes estará estrechamente ligada a cómo el personal de la compañía se organiza, se desempeña y trabaja.

3. Heterogeneidad:

Generalmente, una vez se introduce un producto tangible al mercado (por ejemplo, en el mercado internacional), con frecuencia se supone que un cliente en América comprará uno idéntico al que compra un cliente en Europa. De manera que los productos tangibles se consideran homogéneos, siendo todo igual, excepto la región geográfica del mercado. En cambio, los servicios, siendo heterogéneos, hacen difícil que se presten de manera idéntica dos veces, ya que cada persona tiene una forma, al menos sutilmente, diferente de realizarlos. Así, la estandarización del servicio se convierte en una meta, y el control de calidad se convierte en un factor clave en el éxito del servicio.

Tanto como con la intangibilidad, la heterogeneidad de un servicio contribuye a que sea difícil de validar un concepto. Cada vez que se presta el servicio, la calidad se afecta por el sistema empleado y las personas involucradas para prestarlo. Para superar esta variabilidad, durante las pruebas se suelen implementar procedimientos estrictos de preparación, simulacro y control. Sin embargo, esto puede llevar a resultados de validación que no reflejan fielmente el servicio actual, puesto que los efectos de heterogeneidad del servicio durante la prueba han podido ser eliminados.

4. Caducidad:

A diferencia de los productos tangibles, los servicios se producen en el momento que son consumidos y no pueden ser inventariados. Esto conlleva a dificultades de demanda y suministro, y problemas de eficiencia de producción. Por ejemplo, la silla de una aerolínea que no se logra vender al momento de despegue, es una oportunidad de ingreso que se pierde para siempre. Esta condición de caducidad o de solución perecedera, hace difícil compensar los picos y valles en la demanda. Por este motivo, con frecuencia las compañías se ven obligadas a desarrollar nuevas ofertas y promociones que permitan utilizar la capacidad de servicio en periodos de baja demanda; y en periodos de alta demanda, a incrementar su capacidad disponible, o clasificar sus clientes en orden de importancia, a fin de priorizar el trabajo.

Debido a que la prestación de un nuevo servicio debe estar integrada con otros existentes, se requiere de mayor planeación para nuevos servicios que para el lanzamiento de nuevos productos físicos. Esta falta de flexibilidad en productos de servicio se debe compensar, lo cual por consiguiente, requiere mayor integración entre operaciones, entrenamiento de empleados y mercadeo, a fin de desarrollar un sistema de "producción" y entrega que evite desperdiciar la capacidad disponible de servicio.

Por esto, la fase de desarrollo del PDP para un nuevo servicio debe considerar la mezcla apropiada del recurso humano, las competencias y la tecnología para la prestación, con el fin de compensar las dificultades por la naturaleza perecedera y de inseparabilidad.

En esta guía, se empleará frecuentemente la noción de *producto* para cobijar de manera general nuevos productos intangibles (servicios), y nuevos productos tangibles. Cuando se requiera, se hará la aclaración al tratarse de un producto tangible o de un servicio, según el contexto.

2.4. Rol de la Gestión del Conocimiento en el Proceso de Innovación

La gestión del conocimiento involucra actividades relacionadas con capturar, organizar, utilizar y compartir el conocimiento en la organización, y es de vital importancia en el proceso de innovación [124]. Hoy en día se ha popularizado el concepto de “economía basada en conocimiento” o *Knowledge-based economy*, el cual describe las tendencias hacia la creciente dependencia en información, en conocimiento y altos niveles de competencias, y a la eficacia del acceso a éstos, por sectores de negocios y públicos [32]. Consecuentemente, las organizaciones altamente competitivas han entendido que el conocimiento es más valioso en la medida en que sea: relevante para el logro de objetivos, único, difícil de replicar por externos y útil para la acción [131][132]. Así mismo, el conocimiento y la tecnología se han convertido en elementos cada vez más complejos, acrecentándose la importancia de los vínculos entre las organizaciones como una forma de adquirir el conocimiento especializado.

Se reconoce por tanto, que una de las fuentes principales de ventajas competitivas de una organización reside en su capital intelectual [129][130], más concretamente en lo que sabe, en como usa lo que sabe y en su capacidad de aprender permanentemente. Así, los sistemas, procedimientos y estándares implementados, son evidencia concreta del conocimiento colectivo de la organización; en tanto que la, clasificación, renovación y difusión, así como la puesta en práctica de estos elementos, dentro de los proyectos de innovación y desarrollo, son algunas de las formas como la organización gestiona el conocimiento.

Particularmente, el *Sistema de Gestión de Conocimiento –SIGEC* del ICIPC, que funciona actualmente bajo la plataforma de *Microsoft SharePoint*, es una herramienta práctica y eficiente para estas actividades, ya que vincula el conocimiento generado en los diferentes proyectos de desarrollo (matriculados en la plataforma técnico administrativa PLATEA del ICIPC) en espacios virtuales de trabajo, que articulan y facilitan la colaboración entre las personas ([72][77][130][132]). Con una plataforma como estas, el PDP del ICIPC se posiciona con un nivel competitivo a la altura del estado del arte en gestión de conocimiento, fortaleciendo la institución para ser más competitiva y coherente con su misión de *Convertir el Conocimiento en Riqueza*.

Es importante tener presente que en proyectos de desarrollo de nuevos productos –NPD, los procedimientos se deben tratar como lineamientos con cierto nivel de flexibilidad [124], los cuales se buscan ajustar a las necesidades de cada proyecto. Por naturaleza, los proyectos de innovación son todos diferentes, y en teoría, requieren de un procedimiento particular en cada caso. De manera que, los procedimientos estandarizados, que representan experiencias y mejores prácticas capturadas, deben ser ajustados para cada proyecto, idealmente de manera marginal dentro de rangos tolerables por la organización.

El énfasis en procedimientos concebidos, primero, como un medio para la estandarización del trabajo, segundo, como un medio para el aprendizaje de la organización, y tercero, como una medida de madurez de la misma, puede tender a priorizar *método* sobre *resultados*. Sin embargo, tanto el método como el resultado deben ser de prioridad para el líder del proyecto, sin que el énfasis en uno excluya al otro, y sin perder de vista el mejoramiento continuo de la organización.

2.5. Proceso Genérico de Desarrollo de Producto o Servicio

El PDP es entendido actualmente en la industria como la metodología estructurada y disciplinada que establece una secuencia sistémica de actividades lógicas para el Desarrollo de Nuevos Productos (*New Product Development -NPD*) y la gestión del riesgo.

Es una realidad que hoy en día, algunas de las mejores compañías definen y siguen un proceso detallado de desarrollo, mediante el cual logran el éxito consistente en el mercado. Otras compañías definen los procesos pero

no los siguen sistemáticamente ni los mejoran, y otras ni siquiera son capaces de describir sus procesos o no lo han hecho. Por otra parte, es común que una organización emplee un proceso diferente al que emplea otra organización, e incluso, como se explicó en la sección anterior, la misma organización puede emplear diferentes procesos, o variaciones de uno, según el tipo de proyecto de desarrollo.

Como cualquier proceso, un PDP, es en esencia una secuencia de pasos que transforman un conjunto de entradas en un conjunto de salidas. El PDP establece las actividades que una organización emplea para concebir, diseñar y comercializar un producto, donde muchos de los pasos son de carácter intelectual y organizacional, más que físicos.

En la literatura sobre metodologías de desarrollo de productos ([56][68][82][98][128][106]) y casos de estudio de las empresas, se observa que el PDP es ajustado a la medida de cada organización, incorporando los factores críticos de éxito para el apoyo en la gestión de sus proyectos NPD. Los nombres y alcance de las fases y etapas del PDP también cambian dependiendo del autor ([9][11][56]) y de las empresas que lo implementan en la práctica ([4][12][13][14]), no obstante, obedecen la esencia de un proceso genérico, que se establece como un punto de partida para la adopción y adaptación de la metodología en la organización.

Como se ilustra en la Figura 4, un PDP genérico posee al menos tres fases, donde la primera, de pre-desarrollo, comienza con una labor de exploración y descubrimiento ligada con actividades avanzadas de la planeación, tanto estratégica, como de desarrollo tecnológico y de investigación en la organización. El entregable de la fase inicial es el reconocimiento de una necesidad, la declaración del objetivo o misión del proyecto, y el esclarecimiento preliminar de su factibilidad técnica y viabilidad económica. Estos elementos, son luego la entrada para una siguiente fase de definición del producto, mediante el desarrollo conceptual, de detalle, y la validación. Si se cumple la viabilidad y la factibilidad del producto durante el desarrollo, la conclusión del proyecto se da en la fase de implementación acorde con el alcance establecido, y se entrega la solución al cliente, momento en el cual el producto se hace comercial en el mercado.

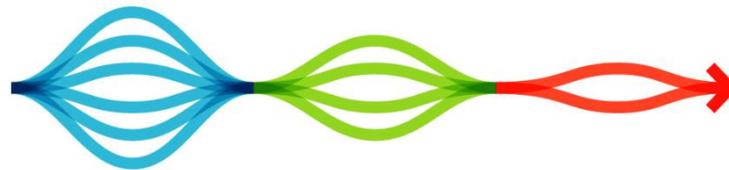


Figura 4. Fases en Proceso Genérico de Desarrollo de Productos [133]
1) Descubrimiento, 2) Diseño, 3) Lanzamiento.

El modelo de PDP genérico propuesto por el profesor *Tobias Larsson* y su grupo de investigación [104][140] (*Blekinge Institute of Technology*, en Suecia), se muestra en la Figura 5. Éste considera una visión integral del PDP genérico en la organización, a partir de tres perspectivas con que recomienda abordar el proceso de desarrollo de un nuevo producto, a saber:

1. Perspectiva de desarrollo del negocio
2. Perspectiva de la compañía
3. Perspectiva del desarrollo del producto



Figura 5. Tres perspectivas del proceso de desarrollo de nuevos productos NPD, según Tobias Larsson, et.al. [104]

Se puede observar que la "Perspectiva de la Compañía" conduce el trabajo multidisciplinario del proyecto seleccionado, acorde con la planeación estratégica de la organización, basándose en actividades y herramientas para el desarrollo y el crecimiento sostenible del negocio, de la mano también con el trabajo de desarrollo creativo y técnico del producto. La claridad en estas perspectivas permite lograr objetivos organizacionales enfocados a la innovación y la satisfacción del cliente, con productos exitosamente implementados en el mercado.

Al introducir la noción de riesgo y la necesidad de gestionar éste en el desarrollo, como se explicará en la Sección 4.1, las fases de trabajo de un proceso genérico se desglosan en etapas más concretas, con frecuencia reconociéndose esencialmente las siguientes [128]:

- **ETAPA 0 – Descubrimiento de ideas y planeación**
- **ETAPA 1 – Definición de alcance, desarrollo del negocio y desarrollo conceptual del producto**
- **ETAPA 2 – Diseño a nivel de sistema**
- **ETAPA 3 – Diseño en detalle**
- **ETAPA 4 – Verificación, validación y ajustes**
- **ETAPA 5 – Implementación, lanzamiento y atención post-venta**

Es común que durante las fases de cualquier PDP se presenten *iteraciones de desarrollo*, en las cuales se hace necesario repetir una o varias actividades, debido a que la información o resultados obtenidos sugieran ajustar o corregir algún aspecto en el desarrollo. Adicionalmente, para ejecutar eficientemente el proyecto, algunas actividades se ejecutan de forma paralela, aprovechando donde sea posible la concurrencia de los miembros del equipo.

Lo recomendado aquí es la realización concurrente y en paralelo de actividades dentro de etapas establecidas acorde con las necesidades de mitigación de riesgo, mas no la realización de etapas en paralelo sin que se haya cumplido la revisión requerida para gestión de riesgo y toma de decisiones.

2.6. Clasificaciones de Procesos de Desarrollo de Producto

Aunque se puede partir de un modelo genérico, en la práctica, no existe un único modelo de PDP. Diferentes modelos han sido propuestos por empresas de diversos sectores. De acuerdo con la clasificación de los *Tipos de Proyectos NPD*, descrita en la Sección 2.1, actualmente es común encontrar en la industria varios tipos principales de procesos de desarrollo [128], entre ellos: el PDP Secuencial, el PDP Céntrico y el PDP en Espiral. Estos están basados en el esquema genérico, se implementan como plantillas o “*templates*” para la planeación y ejecución de proyectos de desarrollo de productos, y dependiendo de la complejidad y el riesgo, se simplifican o extienden en cantidad de etapas, actividades, iteraciones y revisiones.

Se observa adicionalmente que la selección del modelo de PDP más adecuado, no solo se basa en el tipo de productos o proyectos que aborda la organización, sino también, en otros factores como: el perfil de riesgo aceptado en la organización; la política administrativa; la estructura organizacional; las estrategias en innovación, en investigación y desarrollo; y el mercado en que juega, entre otros. Con la adopción y ejecución de un PDP, la empresa busca articular, con eficiencia y proactividad, las personas y recursos de diversos ámbitos tecnológicos asociados al nuevo producto, para facilitar la gestión del riesgo y la toma de decisiones, y lograr un producto exitoso en el mercado.

2.6.1. El PDP Secuencial

Varias publicaciones y modelos se han creado en torno a este esquema estructurado e incremental de desarrollo e inversión de capital. Por ejemplo:

Tabla 1. Modelos de PDP secuencial empleados en la industria.

Modelo de “ <i>Ingeniería de Diseño</i> ” de Gerhard Pahl y Wolfgang Beitz, creado en 1984 y revisado en 2007 [39][40].
“ <i>The Waterfall Model</i> ” o Modelo en Cascada [4][5], presentado por la FDA en 1997 como herramienta para introducir controles en el diseño de un nuevo producto en la industria médica (Figura 6). Ha sido desplazado por otros modelos más modernos como el <i>Stage-Gate</i> .
“ <i>The Stage-Gate model</i> ” ([7][8][9]) o Modelos de Etapas y Compuertas, desarrollado e implementado en diversas organizaciones por Robert G. Cooper y Scott Edgett desde el 2001 hasta la actualidad (Figura 7).
“ <i>Staged Product Development Processes from MIT</i> ” [11][16]. Variaciones al PDP secuencial, propuestos y aplicados a nivel industrial por el profesor Steven Eppinger del <i>Massachusetts Institute of Technology –MIT</i> , y por el profesor Karl Ulrich de <i>University of Pennsylvania</i> .
“ <i>The PTC Product Development Process</i> ” [4], adaptado por la empresa <i>Parametric Technology Corporation</i> , desarrolladora de la plataforma CAD/CAM/CAE/PLM, con herramientas como <i>ProEngineer</i> , <i>CoCreate</i> , <i>CREO</i> y <i>Windchill</i> (Figura 9).
Modelo de Proceso de Desarrollo de Proyectos en “ <i>Ingeniería de Sistemas</i> ” (Figura 10), empleado por varias empresas y entidades gubernamentales que desarrollan sistemas tecnológicos e infraestructura de gran escala, como el <i>Departamento de Transporte de Estados Unidos (Federal Highway Administration)</i> ([99][102][138]).

El modelo de PDP de Robert Cooper y Scott Edgett, “*Stage-Gate*”, se ha vuelto popular en el medio [19] y citado en numerosas publicaciones, debido a que se sustenta en una filosofía simple de trabajo sistémico. De forma similar a como lo plantea el modelo de PTC y el de Pahl y Beitz, el modelo de Cooper recomienda que el flujo de desarrollo de producto se lleve a cabo incrementalmente por etapas, donde, según la complejidad del producto y la estrategia de gestión de riesgo adoptada, podrán realizarse en paralelo algunas actividades de cada etapa. Adicionalmente, cada una de las etapas es separada por compuertas claramente definidas, donde se evalúa críticamente el progreso y la viabilidad de continuación del proyecto a la siguiente etapa.

El PDP secuencial introduce orden y disciplina en un proceso colaborativo, que de otra forma sería muy caótico, reduce el re-proceso, permite la asignación efectiva y eficiente de recursos escasos, y facilita una trazabilidad de la

información. Además, como parte de la gestión del riesgo realizada en este proceso, si durante cualquier revisión de compuerta se determina que un proyecto carece de factibilidad técnica, económica, comercial y/o legal, se toma una oportuna decisión de suspenderlo, re-encausarlo, reciclarlo o abandonarlo.

El PDP secuencial basado en etapas y revisiones (compuertas), se ha adaptado exitosamente en grandes y pequeñas empresas de productos, al igual que de servicios. Ha sido dominante en los Estados Unidos y Europa durante más de 30 años ([9][56][86]), en empresas como *Siemens*, *General Electric*, *IBM* [31], *General Motors*, *John Deere*, *Exxon Chemical*, *Modine*, *3M*, *CurveID*, *Dow*, *DuPont*, *Xerox*, *United Technologies*, *Corning*, *Emerson Electric*, *Lego* y *P&G*, entre muchas otras. Su aplicación ha sido fuerte en soluciones orientadas a sectores de la industria Automotriz, Construcción, Telecomunicaciones, Medicina, Empaques, Transporte y Energía, entre otras. Estas empresas han encontrado consistentemente que la aplicación de un proceso como tal es vital para abordar el desarrollo de productos bajo una secuencia de fases de ejecución y revisiones de diseño que permiten acelerar el tiempo de respuesta y lanzamiento, incrementar la probabilidad de éxito del producto y gestionar el riesgo de forma progresiva.

Este modelo también se ha vuelto atractivo para empresas consultoras e instituciones de investigación y desarrollo, como *Curve ID* [13], *SMARTDESIGN* [14] y *FROGDESIGN* [133] en los Estados Unidos, entre otras, que acompañan y asesoran al cliente en el desarrollo de productos, maximizando el valor de la inversión de desarrollo en cada etapa.

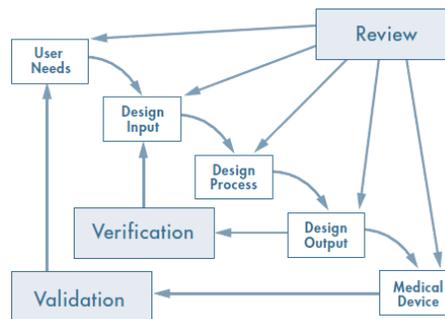


Figura 6. Modelo de PDP en Cascada propuesto por la FDA



Figura 7. Modelo de PDP de Etapa-Compuerta "Stage-Gate" propuesto por Robert Cooper.



Figura 8. Proceso de Desarrollo de Productos de la empresa Curve ID Nueva York [13].

En algunos proyectos existen iteraciones de amplio alcance que trascienden las etapas (como se representa por las flechas en *reversa* de Figura 6), indicando que en este modelo secuencial es posible visitar etapas anteriormente ejecutadas. Sin embargo, tales iteraciones no planeadas son difíciles y costosas, y normalmente evitadas.

Los modelos secuenciales trabajan muy bien en los casos en que los productos tienen definiciones que se congelan para evitar cambios costosos posteriores. En estos casos, los errores se pueden encontrar en las etapas iniciales del proceso, cuando los costos y los cambios son de menor impacto. Otro caso en los que estos modelos son

preferidos, es en proyectos dominados por exigencias de alta calidad, estricto control de riesgo y rigurosa eliminación de errores.

En la mayoría de proyectos, se busca reducir el alcance de las posibles iteraciones normales del diseño, para que estas ocurran de forma planificada dentro de una etapa. En un caso extremo, tal control de alcance en iteraciones tiene sus ventajas y sus desventajas. Una gran ventaja, es que se impone estructuración, al establecer temprano la definición y especificaciones del producto mediante iteraciones acotadas dentro de etapas con sus respectivas revisiones de compuerta, contribuyendo así a reducir el riesgo técnico. Una de las desventajas que se tienen cuando las iteraciones son de corto alcance y acotadas dentro de una etapa, es la inflexibilidad del proceso, debido a que las iteraciones no cruzan las compuertas (estrictamente hablando), y no es posible incorporar en una siguiente iteración la retroalimentación de actividades de etapas posteriores. Así, algunas especificaciones definidas pobremente al inicio, pueden conducir a un alto riesgo de mercado. Por tanto, el modelo estricto de cascada, donde se exige completa información técnica y de mercado en cada compuerta, impide los cambios a lo largo del camino, siendo inapropiado para proyectos donde los requisitos no son bien entendidos al inicio y es necesario consolidarlos progresivamente.

Así mismo, en el extremo de iteraciones de corto alcance, también puede haber problemas, al querer aceptarse trabajo paralelo de actividades que por naturaleza deban trascender etapas. En este caso, en muchos esquemas PDP secuenciales, lo que se hace en la práctica es iniciar la actividad particular para crear entregables preliminares que se evalúan en la revisión de compuerta; luego, si el proyecto continua, se profundiza y consolida el entregable en la siguiente etapa, abordando nuevamente la actividad con mayor rigor y recursos. Así, por ejemplo, el análisis financiero del proyecto comienza con estimados en las etapas de pre-desarrollo, buscando establecer una viabilidad económica y caso de negocio preliminar, el cual, después en las etapas de desarrollo se consolida para continuar con las inversiones para la producción y el lanzamiento.

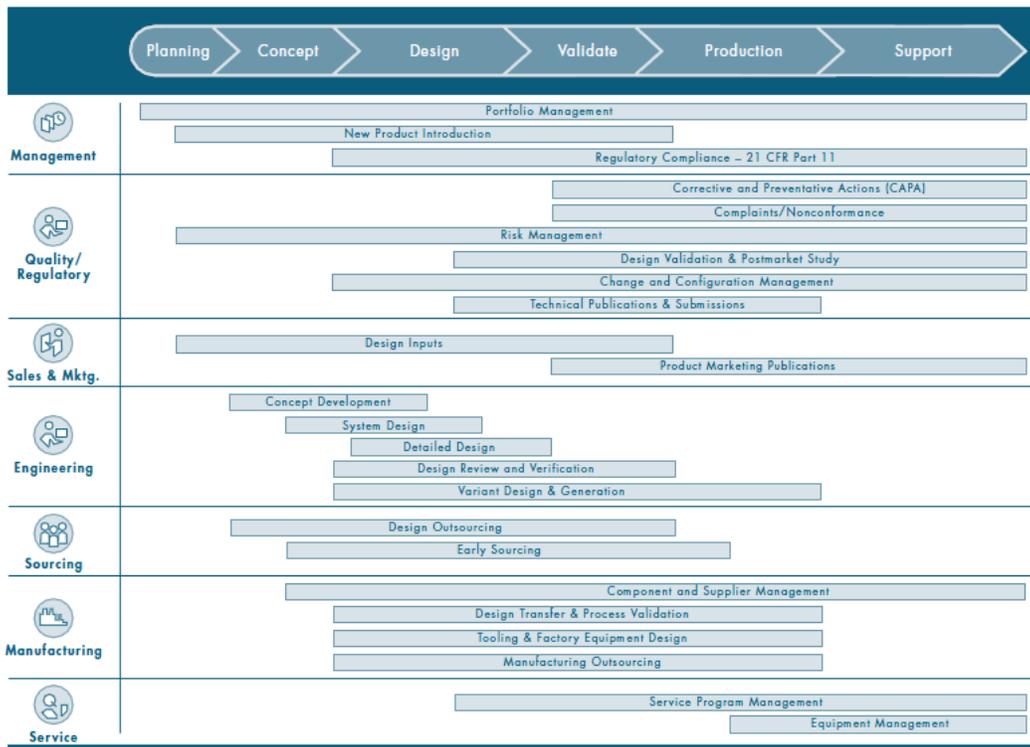


Figura 9. Modelo propuesto por PTC de PDP con actividades en secuencia y en paralelo para empresa de productos tangibles [4].

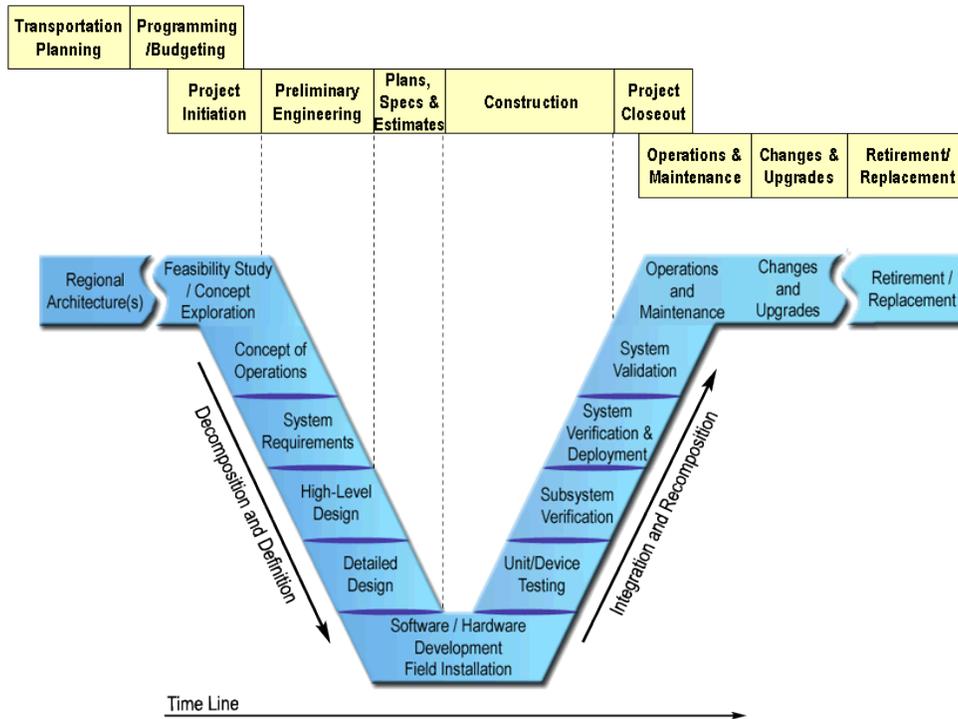


Figura 10. Modelo de Proceso de Desarrollo de Proyectos en “Ingeniería de Sistemas” del Departamento de Transporte de Estados Unidos [102][138].

2.6.2. El PDP Espiral

El PDP en Espiral ([105][16][26][56]) o “*Spiral PDP*”, es un modelo más reciente que ha evolucionado del modelo secuencial tipo cascada. Se conoce como un proceso para el desarrollo de sistemas (*Systems Development Process*), y se ajusta bien a las necesidades de proyectos de tecnología informática -TI- de gran escala en tiempo de desarrollo y complejidad, por lo que es preferido en la industria de ingeniería de software y de video juegos. Plantea una filosofía de desarrollo y mejoramiento continuo del producto, y requiere los mismos elementos de planeación del PDP secuencial, pero estos se invocan en forma recurrente a medida que evoluciona el producto.

Otro campo típico donde se encuentra este proceso, es en proyectos de despliegue tecnológico de gran escala, con largo ciclo de vida y permanencia en mercados con regulaciones paulatinamente cambiantes y exigentes. En particular, es un modelo práctico para el apoyo de creación de plataformas tecnológicas, pensadas para permanecer en el mercado a largo plazo. La industria de la generación de energía a gran escala, es un claro ejemplo, donde las exigencias se traducen en reformas y mejoras paulatinas en la tecnología de plataformas e infraestructura existente, debido a los cambios en regulaciones medioambientales, entre otras condiciones.

Desde un punto de vista, el modelo de PDP en Espiral permite tener lanzamientos incrementales de versiones del producto, o refinamientos incrementales en cada “vuelta” de la espiral. Incorpora actividades para la gestión de riesgo del desarrollo, ajustando el producto cada vez mejor a las necesidades del mercado dinámico en cada vuelta. Desde otro punto de vista, al poder recorrer las etapas del proceso con la expectativa de que se volverá a ellas luego en una siguiente vuelta, el proceso en espiral permite tener una idea o vistazo de lo que será el futuro del desarrollo y del producto, lo cual no es factible en el proceso puramente secuencial. Este vistazo puede recopilar información de las etapas que luego puede beneficiar las etapas iniciales de la siguiente vuelta.

Algunas organizaciones que han publicado experiencias con este modelo para controlar el ciclo de vida de sus productos, y adicionalmente para incorporar en ellos nuevos elementos tecnológicos que se van haciendo disponibles, son Microsoft [86], NASA [18], US ARMY (*Future Combat Systems -FCS- Program*) y SIEMENS, entre otras.

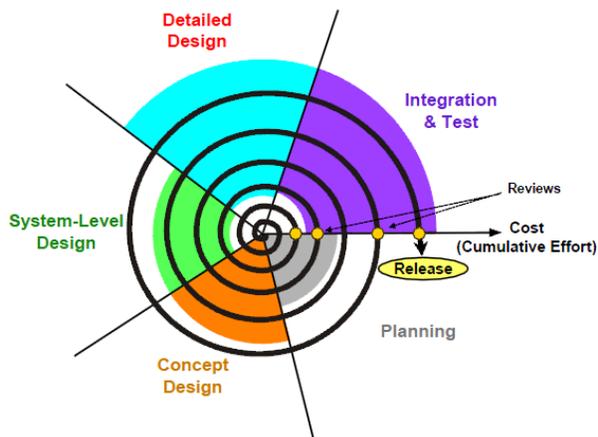


Figura 11. Esquema de PDP en Espiral.

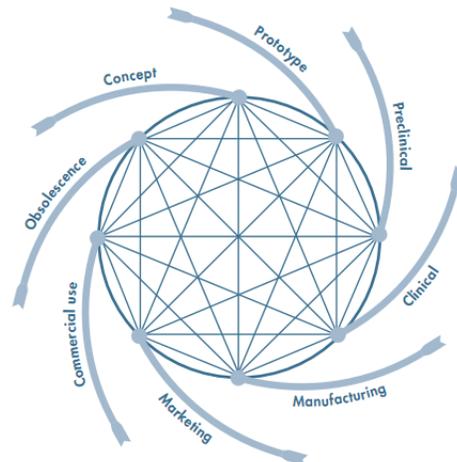


Figura 12. Modelo de PDP céntrico propuesto por la FDA: **Total Product Lifecycle.**

Una de las características claras que tiene este modelo es su naturaleza iterativa de forma planificada. Los riesgos se gestionan en cada iteración, permitiendo al líder planear mejor el trabajo para la siguiente iteración. A diferencia de las iteraciones menores planeadas dentro de cada etapa, y de las iteraciones mayores no planeadas entre etapas en el PDP secuencial, las iteraciones en el PDP espiral son planeadas y trascienden varias etapas del PDP. A pesar de esta distinción, algunos críticos lo consideran similar al PDP secuencial si los hitos y entregables de cada iteración se evalúan cuando ésta termina.

En un caso extremo, este modelo tiene varias desventajas: primero, es más sofisticado y complejo que otros procesos, por lo que requiere de mayor atención, gestión y madurez de la organización. Segundo, la falta de especificaciones consolidadas al inicio puede llevar a demoras durante el desarrollo de sistemas complejos.

Para proyectos de baja complejidad y los de acompañamiento y asesoría en el desarrollo de un único producto contratados por un cliente, como en el caso frecuente del ICIPC, básicamente solo se recorre una vuelta de la espiral y se tiene por tanto un proceso secuencial, por lo que no es un modelo apropiado para ser adoptado en organizaciones que trabajan este tipo de proyectos.

2.6.3. El PDP Céntrico

Este tipo de modelo es similar al de Espiral. Busca combinar las ventajas de dos estrategias de diseño: 1) Desde lo global a lo detallado (*Top-Down*), para la conceptualización inicial del sistema, seguida de la definición de las partes; 2) Desde el detalle a lo global (*Bottom-Up*), comenzando por la definición de las partes, seguido de una integración del sistema.

Por lo general, se planea el proyecto para que la mayor cantidad de actividades se ejecuten en paralelo, buscando el desarrollo concurrente (*Concurrent Product Development -CPD*) de cada componente, cada uno siguiendo un PDP respectivo.

Son típicos en la industria médica y automotriz, donde se desarrollan productos complejos de largo tiempo de desarrollo y validación, pero que comprenden tecnología ya afianzada por la empresa y sus aliados. También es común cuando se llevan a cabo proyectos de desarrollo simultáneos para los elementos tecnológicos complementarios y necesarios para la solución.

Entre los modelos publicados se encuentra: “*The Total Product Lifecycle Model (TPLM)*” [4], que fue introducido por el Centro de Radiología de la FDA, como se esquematiza en la Figura 12. Es un modelo pensado para gestionar, de forma simultánea, todas las partes involucradas en el ciclo de vida del producto. Algunas empresas que emplean este tipo de PDP, trascendiendo productos médicos, son SIEMENS, GENERAL ELECTRIC, APPLE y CATERPILLAR.

Para que este modelo sea exitoso, se requiere madurez organizacional, y un esquema eficiente de desarrollo de actividades en paralelo. Los participantes de diferentes fases del ciclo de vida del producto confluyen de manera concurrente y sistemática, típicamente sobre una plataforma informática adecuada, desarrollando componentes tecnológicos necesarios y ejecutando actividades claves para el logro de los objetivos del proyecto. Además, requiere alto nivel de experiencia y eficiencia en la planeación y gestión de proyectos para el desarrollo de productos especializados y de avanzado nivel tecnológico.

2.7. Desarrollo Concurrente de Productos y Servicios

En conjunto con la adopción de un PDP como una innovación organizacional, la empresa también tiene que organizar, de forma eficiente, el personal que está directa e indirectamente involucrado con el desarrollo de productos, para mejorar su competitividad. La organización se establece a partir de los enlaces de comunicación y trabajo que se entablan entre los individuos de la empresa [70][89].

En la práctica, se observan varios tipos de organizaciones que desarrollan productos, entre ellos: la organización basada en funciones, la organización basada en proyectos y la organización matricial basada en ambas ([11][67][76][83]). Una gran cantidad de casos exitosos de aplicación de PDP, para la creación de productos líderes en el mercado, han sido posibles gracias a que las empresas han instaurado el modelo matricial, donde se estimula la integración funcional transversal o inter-funcional (*Cross Functional Integration*).

En muchas empresas, el modelo organizacional matricial se basa en la filosofía del *Desarrollo Concurrente de Producto y Proceso* ([11][12][20][21][30][52]) (*Concurrent Product and Process Development -CPPD*). En esta filosofía el líder se capacita y se forma para asumir control del proyecto y mayores responsabilidades de gestión. El grupo de trabajo se constituye como un *Equipo Integrado de Producto* (*Integrated Product Team -IPT*), de individuos con habilidades y conocimientos en diferentes áreas funcionales (e incluso de diversas empresas), colaborando e interactuando de manera transversal bajo la coordinación del líder (*IPT Lead*). Los miembros del equipo reportan resultados de desempeño a un supervisor de área funcional, división, o subdirección, al mismo tiempo que realizan su aporte al proyecto, entregando resultados al líder de éste, quien lleva el control de la ejecución y del presupuesto.

Así, el IPT representa la unidad básica organizacional dedicada a generar innovación. Este es un esquema preferido por empresas como SIEMENS, GE, 3M, Google, Honda y MITSUBISHI, al igual que firmas consultoras y de servicios como ARUP, BELCAN y AGILIS, entre otras, ya que estimula el trabajo colaborativo entre los expertos de diferentes áreas, permitiendo formar lazos de comunicación y enfocar los esfuerzos en el logro de los objetivos del proyecto.

En una organización orientada a CPPD, el trabajo es multidisciplinario. Se ejecutan actividades para el diseño proactivo del producto en diferentes ámbitos de su ciclo de vida, tales como: la manufactura y el ensamble (*Design For Manufacture and Assembly -DFMA*), el diseño para la calidad (*Design For Quality -DFQ*), el diseño para el medio ambiente (*Design For Environment -DFE*) y el diseño para el costo (*Design To Cost -DTC*), entre otros.

En resumen, la opción más apropiada de estructura organizacional depende de los factores que la empresa determina como requisitos para el éxito [70]. Las organizaciones funcionales, como por ejemplo algunas universidades y centros de investigación, y algunos centros médicos especializados, entre otros, tienden a generar especialidad y conocimientos profundos en los temas de las áreas funcionales. Las organizaciones por proyectos tienden a habilitar la interacción rápida y efectiva entre las diferentes funciones. Las organizaciones matriciales, siguiendo un modelo híbrido, tienen características de ambos casos.

La compañía que desee competir en el mercado mundial con un producto innovador y exitoso debe tomar al menos dos decisiones importantes sobre la manera como llevará a cabo el desarrollo del producto: definir y adoptar un proceso, y establecer la estructura organizacional que facilite la comunicación e interacción para el desarrollo del producto.

2.8. Sistemas de Desarrollo de Productos

Otro elemento del estado del arte relacionado con el PDP, se observa actualmente en las tecnologías de información que muchas organizaciones emplean para conducir y facilitar sus procesos de innovación. Los

Sistemas para el Desarrollo de Productos (*Product Development System -PDS*) son plataformas en las que se implementa la filosofía PDP adoptada en la empresa: la herramienta de Gestión de Información y Datos del Producto (*Product Data Management -PDM*) [22]; los procedimientos de control de flujos de trabajo (*PDP Workflows*); y las herramientas de gestión del desarrollo, cambios de ingeniería y ciclo de vida del producto (*Product Lifecycle Management -PLM*); junto con otras funcionalidades.

Varios PDS desarrollados por empresas como PTC (*Windchill*) [24], Siemens (*TeamCenter*) [12][25], Dassault (*Enovia*) [29], Microsoft (*SharePoint*) [23], Autodesk (*Vault*), entre otros, incorporan el PDM para la gestión del ciclo de vida (incluyendo el desarrollo) del producto representado en información. Estos ayudan a conducir, almacenar, versionar y controlar la información y sus cambios, permitiendo al equipo de trabajo una comunicación y acceso eficaz a la información pertinente, y el entendimiento de su estructura (Figura 13). Las anteriores son algunas de las plataformas más reconocidas en el mercado, requiriendo inversiones considerables de instalación y mantenimiento. Desde el año 2001, la compañía Aras [96] viene fortaleciendo y ofreciendo *Aras Innovator*, una avanzada plataforma PLM “*Open Source*”, adaptable y escalable a las necesidades del grupo de desarrollo de producto y su organización. Por otro lado, la compañía Autodesk con su plataforma *PLM 360* en “*la nube*” [97] ya apunta a solucionar complicaciones de infraestructura para sus clientes, facilitando la administración de recursos y el uso remoto, sin necesidad de inversiones cuantiosas en infraestructura informática.

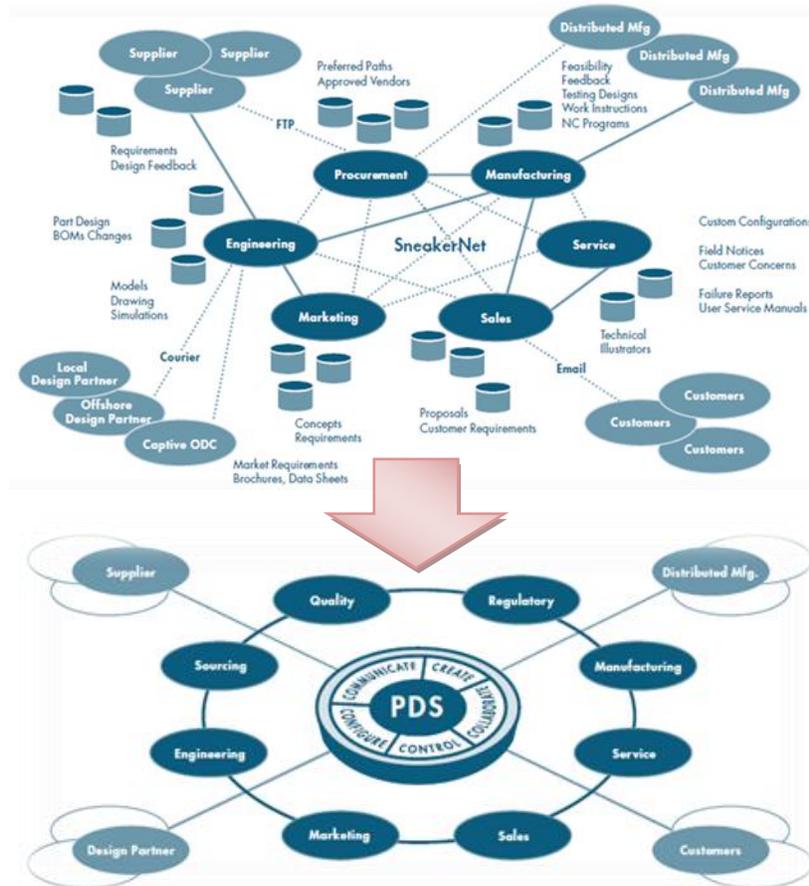


Figura 13. El PDS (*Product Design System*) habilita la articulación organizada entre los diferentes frentes de trabajo [4].

Como se mencionó anteriormente, de la ejecución del PDP surgen los elementos de información que define al producto y su proceso, entre ellos: datos de materiales, modelos geométricos 3D y planos 2D (CAD), análisis (CAE), código fuente de software, manuales, contratos, acuerdos, especificaciones, programas de control numérico para la fabricación (CAM), listas de partes (*Bills of Material -BOMs*), registros de control de cambios, informes técnicos de laboratorio, fichas técnicas de insumos y componentes, informes de revisión y toma de decisiones, actas de reuniones, presentaciones, protocolos, instructivos, procedimientos, etc. Por esta razón, empresas productoras y

consultoras de clase mundial que reconocen la vital importancia en la gestión de estas formas de información y de conocimiento, han implementado algún tipo de sistema de tecnología informática para la adopción de PDS/PDM [62], entendiendo que la herramienta es tan solo un facilitador de la filosofía PDP, es decir el proceso, el cual primero tiene que estar presente para que la herramienta sea realmente de utilidad.

3. Adopción del PDP para el ICIPC

En esta sección se presentan las bases para la selección y adopción del Proceso de Desarrollo de Producto para el ICIPC, a partir de recomendaciones halladas en la literatura y constatadas por el autor de la presente Guía en su experiencia profesional con proyectos de desarrollo en *Siemens Energy, Inc.* [141], *Modine Manufacturing Co.* [142], y *Sandvik Mining and Construction* [140], en Los Estados Unidos; además de la formación recibida en programas de entrenamiento como *Siemens-PDP*, y en su participación en el desarrollo concurrente con los equipos de ingeniería y proveedores de estas organizaciones a nivel internacional. Igualmente contribuye a la creación de esta guía, la experiencia del autor en la participación en varios proyectos de desarrollo de producto en el ICIPC.

Adicionalmente, para esta sección se ha realizado un ejercicio colectivo de diagnóstico de la situación de desarrollo existente. Mediante éste, se han incluido las opiniones y experiencias de los colegas del área técnica del ICIPC, quienes han tenido experiencia aplicada en proyectos de desarrollo de productos y servicios. Los resultados de este cuestionario se presentan en el ANEXO 9.6, donde se reconocen riesgos relevantes en el desarrollo y necesidades de configuración de estructura, flexibilidad e iteración para el proceso de desarrollo, que se vierten en el despliegue de la propuesta del PDP ajustado para el ICIPC en la Sección 4.

3.1. Justificación del PDP

Para una organización que desarrolla soluciones técnicas como el ICIPC, un PDP bien definido, y particularizado de otro proceso organizacional más genérico como el PHVA, es útil y se justifica desde el punto de vista de gestión de procesos y aprendizaje de la organización, y del valor que agrega al nuevo producto. Entre las razones más importantes se pueden identificar ([9][11][28][90][98]):

Valor agregado para la gestión de proyectos:

- ***Aseguramiento de la calidad:***

Un proceso de desarrollo especifica las fases que un proyecto de desarrollo deberá cumplir, así como también, los chequeos y revisiones que tendrá que realizar durante el camino. Cuando las etapas y las revisiones se definen de manera inteligente, el seguimiento se convierte en una forma de asegurar la calidad en el producto resultante, y reduce la probabilidad de cambios costosos y demorados al final del proceso de desarrollo por motivos de omisiones o problemas no considerados.

- ***Coordinación:***

Un proceso de desarrollo claramente definido actúa como un plan maestro que define roles para cada miembro del equipo de desarrollo. Este plan estimula la comunicación interna e informa a los miembros cuándo sus contribuciones son requeridas y con quién han de intercambiar información y materiales.

- ***Planeación:***

El proceso de desarrollo se establece como una plantilla de planeación con hitos naturales (un conjunto mínimo) correspondientes a la terminación de cada etapa. La definición en el tiempo de estos hitos establece la agenda global del proyecto de desarrollo.

- ***Administración:***

Un proceso de desarrollo ofrece puntos de comparación o *benchmark* para evaluar el desempeño de un esfuerzo de desarrollo en curso. Al comparar los eventos actuales con el proceso establecido, el líder y el grupo de dirección pueden identificar áreas con problemas.

- **Mejoramiento:**

La documentación cuidadosa del proceso de desarrollo le permite a la organización identificar oportunidades de mejoramiento continuo.

- **Colaboración y comunicación:**

La colaboración y comunicación estructurada y eficiente no es un acto natural y espontáneo en el desarrollo de productos, especialmente entre personas con diferencias culturales y generacionales. Es necesario formar dichas competencias, proporcionar las herramientas tecnológicas, practicar una cultura de comunicación abierta, y establecer procedimientos idóneos como el PDP para estimular la interacción productiva.

Según la organización *Delphi Automotive* [90], en su reporte sobre el estado actual y las perspectivas en desarrollo de producto en la industria automotriz norte americana, el aspecto de colaboración y comunicación es de los más importantes, apareciendo frecuentemente en los indicadores de las empresas que implementan un PDP, ocupando el 10% superior de factores de éxito. Tan importante es este aspecto en el PDP, no solo al interior de la organización, sino que también, cada vez más se está fortaleciendo la colaboración incluso entre competidores, para el desarrollo de plataformas y estándares de tecnología que les convienen a todos para la reducción de costos, acompañados de políticas y negociaciones claras, cada vez más sofisticadas de propiedad intelectual.

Valor agregado para el producto:

- **Agilidad:**

El PDP contribuye a que la organización entregue ágilmente la nueva solución, lo cual se traduce en competitividad. En este contexto, no se debe confundir la noción de agilidad con rapidez si la segunda implica falta de calidad en actividades importantes con el ánimo de cumplir una fecha de entrega. Entregar productos ágilmente significa que al tener un PDP, se puede cuantificar el riesgo para planificar actividades en paralelo, escalar o simplificar el proceso, y simplificar o eliminar actividades que no contribuyen a una toma eficiente de decisiones.

- **Repetitividad:**

La entrega de una nueva solución y cierre de un proyecto con agilidad no es suficiente si el proceso no es repetible. Esto significa que la organización debe tener la capacidad de entregar una corriente de proyectos consecutivos, uno tras otro, acorde con los requisitos del cliente. Esto se conoce como *repetitividad longitudinal* [50]. Por ejemplo, si el cliente o mercado solicita agilidad en la entrega, entonces cada proyecto debe ser consistentemente ágil.

- **Concurrencia:**

En adición a la agilidad y repetitividad de proyectos consecutivos, responder a las necesidades de clientes también requiere la habilidad para entregar conjuntos de proyectos simultáneos, que con frecuencia se interrelacionan. Esto es *repetitividad lateral*, y es un reto diferente a la longitudinal. En este caso, algunos proyectos son grandes mientras que otros son pequeños, pero, puesto que comparten la misma fuente de recursos, el reto radica en poder ejecutarlos de forma paralela, como un grupo coordinado. No se permiten variaciones en ninguno, manteniendo la agilidad y la calidad. De no poder lograrse, otros proyectos se retrasan y se hacen más costosos. Similar a la repetitividad longitudinal, al minimizar la variabilidad en cada proyecto, aumenta la agilidad y la calidad, y disminuyen el costo y el riesgo, lo cual contribuye a satisfacer las exigencias del cliente. Para conservar la concurrencia, el equipo debe realizar una adecuada gestión de portafolio, basada en el plan estratégico de la organización.

3.2. Problemas típicos solucionados mediante un PDP ajustado a las necesidades

Dentro de los problemas típicos que se buscan solucionar con la ejecución disciplinada de las etapas de un PDP, el autor Robert Cooper [9] ha reconocido una variedad durante su trabajo de consultoría en el desarrollo de productos con numerosas compañías, a continuación se describen algunos de los más importantes:

- **Falta de orientación al mercado:**

Un análisis inadecuado del mercado es una de las razones principales del fracaso de un nuevo producto. Esto normalmente involucra la incapacidad de detectar las necesidades y deseos reales del cliente, y la falta de atención a las tendencias del mercado y cambios tecnológicos. Con frecuencia, actividades básicas relacionadas son pobremente ejecutadas, como la determinación de la aceptación del producto o servicio en el mercado, y muchas veces, erróneamente se deja el estudio de mercado para el final del proceso de desarrollo. Otra causa de fracaso en esta área, se debe a que frecuentemente estas actividades reciben una cantidad desproporcionalmente baja del presupuesto y atención del proyecto.

- **Pobre calidad de ejecución:**

Esto se presenta cuando el proceso de Desarrollo de Nuevos Productos –NPD, posee deficiencias y abundan los errores de acción y de omisión. Así mismo, se afecta la calidad de ejecución cuando actividades claves son omitidas arbitrariamente, y el proceso de desarrollo se trunca sin criterios sólidos ni acuerdo entre las partes interesadas.

- **Avance demasiado acelerado y desatención a riesgos:**

Muchos de estos errores –la falta de realizar actividades importantes o recortar otras– se suelen cometer por el interés de ahorrar tiempo. Pero estos esfuerzos mal conducidos normalmente tienen un precio alto en la calidad, y con frecuencia es necesario regresar a las tareas pobremente ejecutadas. Así, el tiempo que aparentemente se gana al principio, con frecuencia se multiplica muchas veces luego en el proyecto, con reproceso. Cuando se toman atajos sin rigor, se cometen errores, el proyecto se desfasa y las actividades se tienen que repetir a un mayor precio en dinero y tiempo. Por ejemplo, no realizar un estudio de mercado adecuado o realizando pobremente la verificación y validación, puede llevar a un producto desastroso.

- **Insuficiente trabajo preliminar:**

Las etapas de *pre-desarrollo* con frecuencia se suelen denominar “la tarea en casa” (*up-front homework*) o “el frente difuso” (*Fuzzy Front-end*) del proceso de innovación. Como al principio del proyecto las incertidumbres y el riesgo son altos, cuando el trabajo preliminar se omite o se realiza pobremente, prácticamente entrando a desarrollar con especificaciones superficiales y ligeras, el producto corre un alto riesgo de fracasar y de perder sumas considerables de dinero y tiempo. En el trabajo preliminar es precisamente donde se identifica el mercado y sus necesidades, el alcance del proyecto, y la factibilidad técnica, legal, comercial y económica.

- **Carencia de valor para el cliente:**

Acceder a continuar en el desarrollo del producto, con solo un entendimiento vago de los requisitos y necesidades del cliente, conlleva a productos mal definidos que van a proporcionar muy poco beneficio o valor para el cliente. Así mismo, muchos son los productos que salen al mercado en forma reactiva y con solo el criterio de estar a la par de la competencia (*me-too-products*), sin realizar un estudio de necesidades particulares del mercado donde se pretende salir. Con frecuencia, de esto resulta un producto poco diferenciado.

- **Pobre enfoque, muchos proyectos y carencia de recursos:**

La falta de recursos en tiempo, presupuesto y personas (o competencias) en ciertas áreas funcionales de la organización para determinadas actividades del proyecto, es muchas veces la causa de problemas y errores en los proyectos de desarrollo. Esto suele suceder porque en la organización no se establece una clara política o conciencia a favor de la innovación, o se tiende a subestimar y a aprobar una cantidad insuficiente de recursos necesarios para llevar a cabo los proyectos. También, en muchas organizaciones, suele suceder que falta enfoque, no hay una buena gestión de portafolio, y se abordan muchos más proyectos de los que el personal puede cubrir.

- **Especificaciones inestables de producto y cambios de alcance:**

Una definición inestable del producto y del proyecto, o cambios considerables no previstos que se permitan realizar en etapas hacia el final del desarrollo, son una fuente principal de retrasos y demoras en el proyecto.

Cuando esto se presenta, es porque no existen en el proceso etapas y compuertas con criterios para establecer adecuadamente las especificaciones y luego congelarlas para que el grupo de trabajo pueda concentrarse en el desarrollo, apuntándole a un objetivo definido. Algunas veces, estos cambios (*Project Scope Creep*) se deben a nuevas eventualidades durante el desarrollo de la solución, y en la mayoría de los casos se debe al surgimiento de “nueva” información. En este contexto, tal información en realidad muchas veces no hubiese sido “tan nueva” si el trabajo preliminar se hubiese realizado juiciosamente.

- **Problemas en la administración y falta de un procedimiento sistémico y disciplinado para nuevos productos:**

Algunas organizaciones se quejan de que su proceso de desarrollo de productos no funciona. Las tareas claves no suceden cuando deberían o con la calidad que deberían; y en otras, se quejan porque no existe la disciplina para seguir el proceso adoptado. Algunas veces es simple falta de disciplina, otras veces el proceso tiene defectos, es muy complicado o muy burocrático.

Como se puede observar, los problemas anteriores comúnmente están relacionados entre sí, donde uno conlleva a otros y viceversa, y por tanto, el proceso de desarrollo termina fracasando cuando carece de estructura y no es adaptado a las necesidades reales de mejora en la organización.

Es posible mitigar los problemas mencionados, cuando se entiende el PDP como un sistema de procesamiento de información y búsqueda de oportunidad. El proceso comienza con unas entradas como los objetivos corporativos de la planeación estratégica, la identificación de capacidades tecnológicas disponibles como plataformas de productos, sistemas de producción, recursos e infraestructura. Varias actividades procesan la información del desarrollo, formulando especificaciones, conceptos y detalles del diseño. El proceso concluye cuando se completa y se comunica toda la información requerida para la producción y comercialización de la solución.

Una segunda forma de entender el PDP, es como un camino donde se da una generación inicial de un amplio conjunto de alternativas conceptuales de producto, seguido de un filtro o selección, al tiempo que se incrementa el detalle de especificación, hasta que finalmente el producto puede ser realizado por un sistema de producción de forma confiable y repetitiva. Prácticamente todas las etapas del desarrollo se definen en términos del estado del producto. Otros entregables, como el plan de mercadeo y el plan de proceso de producción también evolucionan con el progreso del desarrollo.

Finalmente, una tercera forma de entender el PDP, es como un sistema que habilita la gestión del riesgo (Sección 4.1.4). En las primeras etapas del proceso de desarrollo se identifican y priorizan los riesgos potenciales en el proyecto y en varios frentes del ciclo de vida del producto. A medida que el proyecto progresa, se reducen los riesgos conforme las incertidumbres se van aclarando con las actividades seleccionadas en cada etapa, y las funciones del producto se validan. Cuando se completa el proceso, el equipo deberá tener suficiente confianza en que el producto funcionará correctamente y será bien recibido en el mercado.

3.3. Diseño de un Proceso de Diseño

La adaptación del PDP a la medida de la organización es posible cuando ésta detecta sus riesgos de desarrollo principales y establece los factores de éxito que se deben incluir en la gestión y el producto. Es a partir de estos criterios como realmente una organización “diseña su proceso de diseño”, y busca balancear la *estructuración* con la *flexibilidad* de las actividades en el proceso de desarrollo [68].

Para caracterizar el modelo de PDP, es importante reconocer las siguientes elementos básicos [56][86]:

- a) *Todos los PDP emplean revisiones de diseño, donde se evalúa el progreso y logro de objetivos.*
- b) *Todos los PDP incluyen iteraciones de actividades que incorporan cambios y retroalimentación.*

También es obvio ya, que para la caracterización de un PDP se requiere conocer los principios que lo diferencian. Si bien todas las variantes de PDP emplean *revisiones* e *iteraciones*, las formas como éstas son llevadas a cabo cambian dramáticamente de una organización a otra. Las diferencias pueden estar en la rigurosidad, el alcance, la frecuencia, o en cualquier otro parámetro relacionado que pueda modificar la gestión del riesgo

El PDP que se describe en esta Guía para el ICIPC en la Sección 4, se adopta dentro del marco de la gestión del riesgo, y se aplican para su diseño los lineamientos del método del profesor Steven Eppinger del MIT, que concretamente, consiste de 4 pasos, como se muestra en la Figura 14.

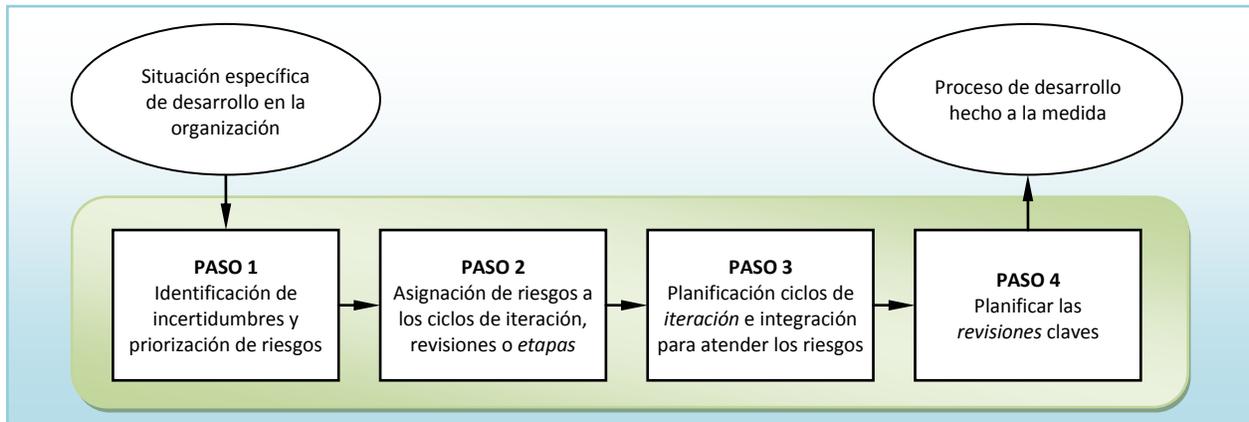


Figura 14. Método de Eppinger para el diseño del PDP a la medida de la organización [56].

Como se mencionó, para la adopción del PDP, la organización debe poder identificar y clasificar los riesgos del desarrollo, a fin de visualizar las etapas y revisiones de compuerta requeridas. La identificación de riesgos se basa en la experiencia pasada con proyectos de desarrollo e incertidumbres reconocidas. Las actividades, elegidas para atender riesgos identificados y consolidar la definición del producto, se priorizan y se asignan, bien sea: a un ciclo de iteración planificado y acotado dentro de una etapa; o a una integración progresiva de información entre etapas, donde se madura y complementa la definición a lo largo del proyecto, comenzando por definiciones y entregables preliminares, que en el transcurso de las etapas se van consolidando.

Un ejemplo de alto riesgo potencial en el proceso, es el de *mercado* y la incertidumbre si el producto satisfará las necesidades del usuario. Éste riesgo se puede atender con el levantamiento progresivo de información, y con actividades de validación y retroalimentación en varias etapas. Un ejemplo de riesgo menor para el proceso, es el desarrollo de un componente del producto, de baja complejidad, el cual se puede asignar a una etapa de diseño detallado con iteraciones acotadas al interior de la misma.

Para el caso del ICIPC, se han reconocido, a partir de la encuesta realizada internamente (Sección 3.4), y a partir de la experiencia del autor de la presente Guía, una variedad de características y riesgos comunes en el desarrollo, que, se emplean como base para la propuesta las etapas y compuertas del PDP.

Así, una vez los riesgos son asignados a ciclos planeados de *iteraciones* y *revisiones*, se tiene un PDP definido como la combinación específica de etapas y compuertas. Las iteraciones planeadas de diseño, con frecuencia en forma de cálculos y experimentos, simulaciones o modelos analíticos, se pueden emplear para atender diversos riesgos. Cada riesgo en particular, se atiende (controla, mitiga o elimina) según las actividades establecidas en las iteraciones e integraciones, y según la coordinación de éstas en el contexto de todo el desarrollo.

Es importante tener en cuenta que en las iteraciones e integraciones tecnológicas para el desarrollo del producto, los costos, tiempo y calidad de las mismas varían ampliamente a través de la industria. Por ejemplo, algunos prototipos físicos (*hardware prototypes*) son difíciles y costosos de construir, debido a que pueden requerir de integración de herramental, así como construcción y disponibilidad de sistemas complejos (e.g. instalaciones, banco de pruebas, equipos, insumos, etc.). En contraste, prototipos virtuales y analíticos, basados en computador (*software prototypes*) pueden ser más fáciles de elaborar e integrar, pero pueden no proporcionar una retroalimentación de buena calidad si el modelo computacional no captura elementos claves de la realidad física del producto.

Por este motivo, los líderes de proyectos de desarrollo deberán sopesar los beneficios y costos de la integración de sistemas para asegurar que se mitigan más riesgos de los que se crean por dicha integración. De cualquier forma,

la información que sea posible y práctico de obtener de la integración temprana, los ensayos y la retroalimentación con el cliente, generalmente mejora el producto en su proceso de desarrollo.

3.4. Encuesta ICIPC: Situación de Competencias para Proyectos de Desarrollo

El cuestionario realizado, se ha formulado con el doble propósito de iniciar en el grupo una sensibilización frente a la importancia del Proceso de Desarrollo de Productos y la Gestión de Riesgo en Proyectos, e identificar de manera general las incertidumbres y riesgos típicos en proyectos que se llevan a cabo. Adicionalmente, se ha buscado establecer el nivel de madurez que tiene la organización al momento de la realización de la encuesta (antes de la implementación del PDP), frente a las competencias necesarias, para la gestión de riesgo en proyectos de desarrollo. Esto ha permitido identificar puntos clave para trabajar y fortalecer con la ayuda del PDP, tal como se presentan en el ANEXO 9.6 junto con el cuestionario, los resultados y las conclusiones.

Las preguntas de la encuesta se orientaron a realizar un diagnóstico del estado de competencias y prácticas en desarrollo de productos y gestión de riesgo, previo a una implementación del PDP en el ICIPC, enfocándose en 5 aspectos principales:

1. Apreciación del nivel de innovación en los proyectos de desarrollo abordados (Sección 2.1).

Con esto se busca apreciar de manera general, el perfil de riesgo que el ICIPC generalmente acepta, según la opinión de los miembros de su equipo técnico. Entendiendo así el abanico de proyectos de desarrollo que se abordan, donde en un extremo pueden estar los productos o servicios radicalmente nuevos asociados a un factor de riesgo elevado, y en otro extremo, las mejoras incrementales con menores niveles de riesgo.

2. Presencia de factores de éxito en proyectos de desarrollo universalmente aceptados (Sección 2.2.1).

En este punto se pretende identificar y analizar aquellos factores que normalmente se tienen en cuenta en el ICIPC, y determinar la importancia de otros que han sido sugeridos por la experiencia reportada en la literatura y para los cuales existe una oportunidad de mejora en el ICIPC.

3. Actividades típicas en PDP ([7][8][9][10][11][38][39][68]).

Con estas preguntas, se pretende identificar las actividades importantes que actualmente se llevan a cabo en los proyectos de desarrollo, al tiempo que se busca identificar aquellas actividades sugeridas que requieren de más atención y que se pueden articular y organizar en el PDP para facilitar la gestión de los proyectos, entendiendo también que cada uno es único y requieren la ejecución de determinadas actividades según criterios técnicos, de riesgo y de negocio, entre otros.

4. Problemas típicos en Proyectos de Desarrollo de Productos (Sección 3.2).

Este bloque de preguntas busca apreciar la conciencia de los miembros del grupo técnico del ICIPC por los problemas que actualmente se suelen presentar durante la gestión y ejecución de proyectos de desarrollo. Algunos problemas típicos han sido reconocidos por el encuestador durante su trabajo en el ICIPC y otros se han reportado en la literatura de numerosas proyectos y por numerosas empresas a nivel mundial. Así mismo, se abre el espacio para que los miembros encuestados del ICIPC sugieran otros problemas que consideren han sido de importancia durante su participación en proyectos de desarrollo.

5. Determinación de la madurez de la organización en el proceso de gestión de riesgo.

Este último bloque, orientado a los procesos de gestión de riesgo (PGR) de la organización, se enfoca a establecer una situación actual de la organización en este campo, y encontrar oportunidades de mejora y de cambio, con base en una metodología estandarizada de referenciación o *benchmarking*, para ponerse a la par con otras firmas con una razón de ser similar. En el caso del ICIPC, observando el campo de la consultoría y asesoría especializada en ingeniería y gestión de proyectos de desarrollo.

Las preguntas para el diagnóstico de la madurez en gestión de riesgo se formulan entonces, con base en lineamientos de: la norma ISO31000:2009 para la Gestión de Riesgo [54], los cinco criterios de para la evaluación del proceso de gestión de riesgo de la EFQM (*European Foundation of Quality Management*) [47], y recomendaciones del *Project Risk Management Handbook* (Bart Jutte, 2009) [46].

4. PDP ICIPC

El PDP del ICIPC es un mapa operacional para llevar a cabo proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos (NPD) y servicios, desde el descubrimiento de la idea hasta la implementación, e incluso más allá con el apoyo a la gestión del conocimiento. Creándose a partir de las necesidades del ICIPC para mejorar y coordinar más eficientemente los proyectos de innovación en los que acompaña a clientes industriales, así como también para el desarrollo de nuevos servicios en el ICIPC, el PDP se plantea como la filosofía de trabajo clave para el aseguramiento de la calidad y la gestión de riesgo en proyectos de desarrollo, compatible y complementario con estándares de calidad internacionales, como la norma de Gestión de Calidad ISO9001:2008 y la norma de Gestión de Riesgo ISO31000:2009. Además, es un proceso que está basado en los factores de éxito de proyectos de desarrollo, reconocidos por empresas de larga trayectoria y autores expertos en el área.

Mediante el enfoque basado en procesos, la norma NTC-ISO9001:2008 [2] para la gestión de calidad, bajo la cual se rige el quehacer del ICIPC, establece en su sección número 7, los requisitos básicos de gestión y aseguramiento de la calidad en el diseño y desarrollo de nuevos productos y servicios. Esta norma define *qué* debe realizar una organización orientada a desarrollar nuevas soluciones en servicios y productos para lograr la eficacia y la satisfacción consistente del cliente. Así mismo, la sección 7.1 de la norma de calidad, determina que la organización debe planificar y desarrollar los *“procesos necesarios”* para la realización del producto o servicio, y que además, la planificación de la realización del producto debe ser coherente con los requisitos del sistema de gestión de calidad. Alineándose con esta norma, el PDP del ICIPC se convierte en ese *“proceso necesario”* para el desarrollo consistente, sistémico y eficiente de nuevos productos y servicios, y es entonces el *“cómo”* se deben cumplir las exigencias de la norma.

Basado en un esquema secuencial de etapas que reúnen información de diferente índole mediante la realización organizada de actividades multidisciplinarias prescritas, separadas por compuertas de revisión para la toma de decisiones, el PDP en el ICIPC es la plataforma para la gestión de riesgo del desarrollo de productos, y una herramienta metodológica que facilita labores para: La planeación, el seguimiento y la comunicación, la ejecución y realización, la toma de decisiones, la verificación y validación, y la implementación.

De la misma manera, el carácter secuencial por etapas está pensado para facilitar la relación con el cliente y la comunicación durante el proyecto de desarrollo, lo cual da cumplimiento a los requisitos de la Sección 7.2 de la norma NTC-ISO9001:2008, que establece indicaciones sobre los procesos relacionados con el cliente, la determinación y revisión de los requisitos del producto, y la comunicación. Aquí, el PDP se convierte en un mecanismo clave para facilitar la negociación de proyectos de desarrollo con acompañamiento del ICIPC para clientes industriales, abordados y contratados por etapas, con lo cual se mitiga estratégicamente el riesgo de desarrollo.

Particularmente, con la Sección 7.3 de la norma NTC-ISO9001:2008, que trata sobre diseño y desarrollo, el PDP encuentra total coherencia, al definir actividades puntuales para: Planificación del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.1); Elementos de entrada para el diseño y desarrollo (Sec. 7.3.2); Resultados del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.3); Revisión del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.4); Verificación del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.5); Validación del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.6); Control de cambios del diseño y desarrollo (Sec. 7.3.6).

4.1. Elementos Básicos del PDP ICIPC

Como se introducen a continuación, cada etapa se define por la integración de actividades específicas e iteraciones programadas, que se plantean secuencialmente para recopilar información y reducir las incertidumbres y el riesgo. La Figura 15 muestra una secuencia genérica del PDP, a partir de la cual se construye el modelo para el ICIPC.

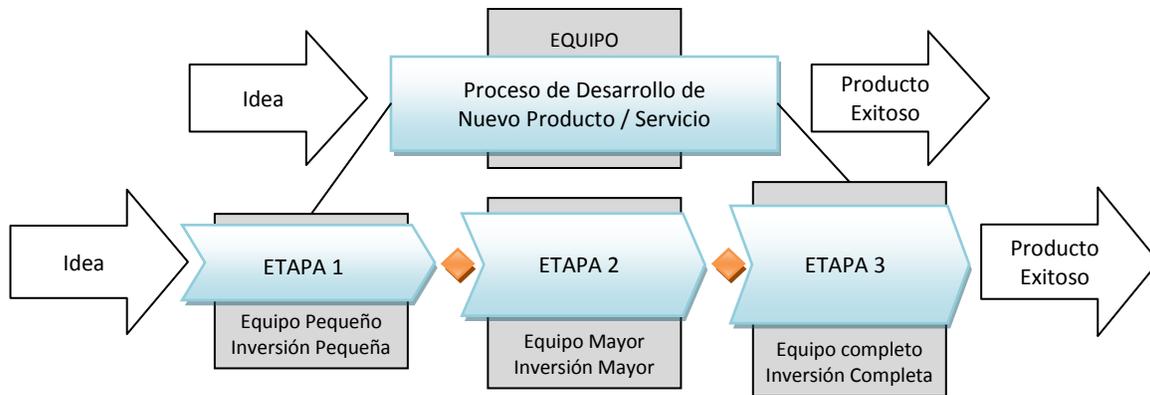


Figura 15. Secuencia Genérica del PDP.

Un conjunto prescrito de actividades multidisciplinares y paralelas [68] definen a cada etapa, donde personas en el equipo del proyecto realizan actividades vitales para obtener datos [9][128]. Los datos se analizan e interpretan para crear entregables claves –información–, con base en la cual, los responsables e inversionistas del proyecto (dueños de los recursos), en las computas, deciden sobre la continuación del proyecto.

Desde un mayor nivel de abstracción en la gestión de proyectos de desarrollo, las etapas del PDP del ICIPC se pueden organizar en tres fases: *Pre-Desarrollo*, *Desarrollo* y *Cierre*. La estructura de *Fases* facilita el escalamiento y la comprensión del ciclo de desarrollo desde el punto de vista del proyecto, en tanto que la estructura desglosada por *Etapas* se enfoca hacia el estado de desarrollo del producto a lo largo del proyecto. En este sentido, se introduce aquí la noción dual en el PDP de (1) proyecto y (2) producto, donde el primero coordina la creación del segundo, y el segundo justifica la estructuración del primero. Esta noción dual entre proyecto y producto se hace relevante más adelante cuando se atienden aspectos de calidad y se articula la gestión del riesgo en los dos ámbitos.

Adicionalmente, como se explicará más adelante en la Sección 4.4.1.6, el PDP del ICIPC posee un carácter escalable según la complejidad del proyecto y del producto. Al realizarse la estimación del riesgo de desarrollo, esta información facilita el escalamiento del PDP según la complejidad del proyecto en particular, procurando que la aplicación del procedimiento sea eficiente acorde con las necesidades.

En la Figura 16 se presenta el modelo del PDP para el ICIPC, el cual posee las fases, etapas y compuertas que se describen a continuación.

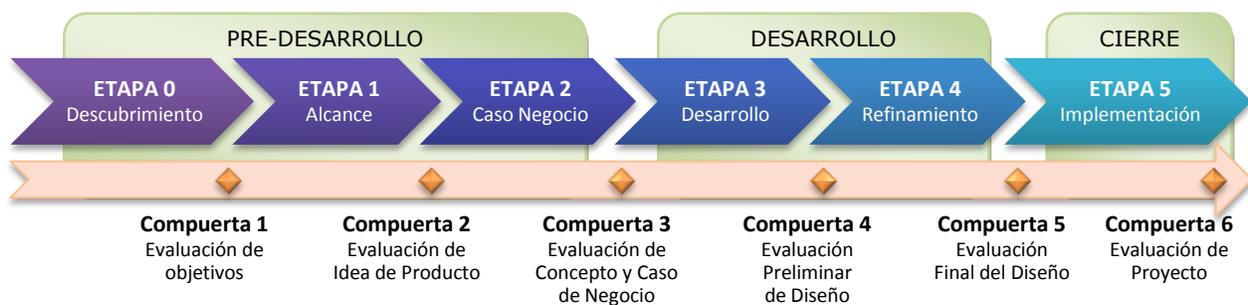


Figura 16. Proceso de Desarrollo de Productos –PDP– del ICIPC.

FASE 1: PRE-DESARROLLO Y CONCEPTUALIZACIÓN

- **ETAPA 0 – Descubrimiento:** Da comienzo al trabajo preliminar para descubrir e identificar oportunidades y generar ideas. También es la etapa en la que se realiza el diagnóstico de madurez para desarrollos acompañados de producto, según necesidades del cliente.
- **ETAPA 1 – Definición de Alcance:** Procede el trabajo con una investigación rápida y preliminar para acotar el alcance del proyecto y entender pre-factibilidades y riesgos mayores. Es básicamente “trabajo de escritorio”. En esta etapa se estima el riesgo inicial del proyecto y se escala el PDP a las necesidades del proyecto, al estructurarse el plan de actividades preliminar.
- **ETAPA 2 – Creación de Caso de Negocio:** Comprende una investigación más profunda involucrando información de primera mano, en el ámbito técnico y de mercado, conduciendo a justificar un caso de negocio e inversión, mediante la creación y selección de un diseño conceptual, un plan más detallado de trabajo para la siguiente fase y una justificación del proyecto. Incluye la definición preliminar de especificaciones de la solución y del proyecto. Es un lugar idóneo para justificar un proyecto para participar en concursos, convocatorias de financiamiento y licitaciones para el desarrollo y la innovación.

FASE 2: DESARROLLO

- **ETAPA 3 – Desarrollo:** Comprende el trabajo de ingeniería, de diseño y de desarrollo en detalle de la solución y de las operaciones o procesos de realización. La mayoría de especificaciones de producto se consolidan, y se inician algunas pruebas de verificación técnica.
- **ETAPA 4 – Refinamiento:** Comprende pruebas de verificación y validación con prototipos virtuales o físicos en laboratorio o en planta (productos); y de realización y respuesta del mercado (servicios). Se finalizan las especificaciones de producto, y se consideran iteraciones de ajuste de especificaciones para las operaciones y la realización o manufactura.

FASE 3: IMPLEMENTACIÓN Y CIERRE DE PROYECTO

- **ETAPA 5 – Implementación:** Es el despliegue de operaciones para la realización e implementación de la solución, producción, mercadeo y ventas. Se realiza la evaluación y cierre del proyecto, se registran lecciones aprendidas, y se lleva a cabo un análisis retrospectivo del proyecto.

Para el ICIPC, el PDP secuencial de etapas y compuertas es una metodología práctica y manejable por el grupo de trabajo dedicado a proyectos de innovación, los cuales nacen tanto desde el interior de la Institución, como desde la iniciativa de clientes industriales que buscan acompañamiento especializado en el desarrollo de su producto. En las siguientes secciones se presentan algunos elementos esenciales para el correcto funcionamiento del PDP, y describen en detalle cada una de estas etapas y compuertas.

4.1.1. Etapas

Las etapas del PDP son instancias esenciales para la planeación, negociación y ejecución sistemática del proceso de desarrollo. Organizan y definen las acciones que se deben realizar para progresar el estado del desarrollo del producto, y de las operaciones en la cadena de suministro, con miras a la realización de la oportunidad de negocio.

Con cada etapa en el PDP se genera y reúne información necesaria para promover el producto a la siguiente compuerta o punto de decisión. Diferentes elementos de información, como de mercadeo, técnica y operacional, son importantes para la toma de decisión, y por tanto el trabajo en cada etapa debe ser interdisciplinario. Es por esta razón que no se establece una *etapa de estado del arte*, o una *etapa de mercadeo*, sino que cada etapa está definida en forma abstracta por las actividades que comprende.

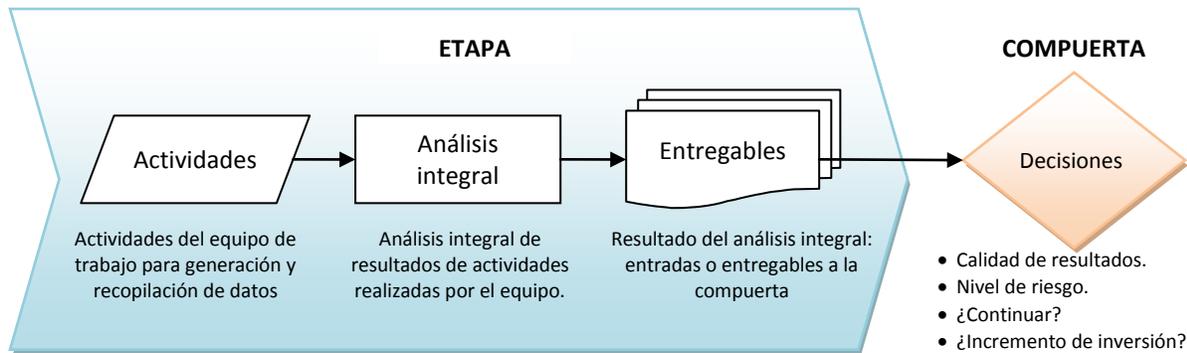


Figura 17. Esquema de Etapas y Compuertas del PDP.

Cada etapa que se plantea en el PDP cumple un objetivo específico, como se describirá más adelante. Para cumplir estos objetivos, se entablan las actividades de trabajo que mitigan los riesgos identificados, en un orden lógico y de acuerdo con la prioridad, y se sugiere que sean “S.M.A.R.T. Activities”: (*S - Specific*) específicas, (*M – Measurable*) medibles, (*A - Actionable*) accionables o realizables, (*R - Realistic*) realistas, (*T – Time Bound*) acotadas en el tiempo.

Típicamente, se busca que las actividades estén acotadas y se puedan realizar de forma paralela dentro de una etapa, e incluso bajo un esquema iterativo planificado. De acuerdo al tipo de riesgo para el cual se entablan actividades en el PDP, algunas se establecen para atender el riesgo dentro de una etapa determinada, es decir, con corto alcance, mientras que otras actividades pueden iniciar en una etapa de forma preliminar y se retoman en otra etapa con mayor nivel de detalle en la medida que avanza el proceso. Así, para atender algunos riesgos, como por ejemplo, el de la viabilidad económica y comercial, se entablan actividades *de mayor alcance*, que pueden iniciar en una etapa, para levantar información preliminar estimada y suficiente para avanzar el proyecto por la compuerta, y luego se retoma dicho aspecto y se refina con información más completa y consolidada, al iterar la actividad en la siguiente etapa.

Quien determina la importancia y la prioridad de determinada actividad en una etapa definida en el PDP, es la necesidad de dar definición al producto y mitigar el riesgo identificado. El PDP, por lo tanto, es una guía, más no un libro de reglas, con actividades propuestas en un orden lógico para hallar información que permita reducir diferentes tipos de riesgos, y poder continuar el proyecto, mediante la aprobación de la inversión de dinero y recurso.

Cuando se trata de un proyecto de acompañamiento a un cliente (consultoría y asesoría) para el desarrollo de su nuevo producto, la etapa inicial del PDP es clave y necesaria, pues en ésta se lleva a cabo un diagnóstico (*Descubrimiento*) del estado de la idea del producto: su nivel de madurez, calidad de actividades ejecutadas e identificación de actividades pendientes y requeridas. Por tanto, antes de comenzar a realizar etapas en la fase de desarrollo en este tipo de proyectos, se debe asegurar que se planean y acuerdan actividades que permitan obtener la información de pre-desarrollo que esté pendiente y sea necesaria para que el riesgo del producto y del proyecto esté controlado.

También en los proyectos de acompañamiento, las etapas permiten negociar el trabajo por pasos, cotizando las actividades que sean requeridas, según el diagnóstico inicial del estado de madurez del desarrollo, el nivel de riesgo y otras necesidades. Así, cuando un desarrollo de un producto se realiza acorde con base en las especificaciones del cliente, probablemente no es necesario entonces para el ICIPC realizar algunas actividades del pre-desarrollo, como por ejemplo, estudios de necesidades del usuario final.

4.1.2. Compuertas

Precediendo a cada Etapa, se lleva a cabo la revisión de Compuerta, o punto de decisión, para *Seguir o Detener* el proyecto. Las compuertas entablan las restricciones donde los equipos convergen y donde toda la nueva información se revisa. Estrictamente hablando, una compuerta se realiza después de cada etapa: reunir

información para luego ser evaluada. Sin embargo, aporta mayor fluidez al proceso y al negocio, tratarlas como *Compuertas de entrada*, dando paso a la siguiente etapa.

Las compuertas son puntos de chequeo que hacen parte integral del PDP y el control de calidad de la gestión del riesgo, a fin de decidir si la organización debe seguir invirtiendo en el proyecto, basándose en la nueva información recabada, o bien, decidir detener el proyecto y reducir pérdidas [60].

Las reuniones de compuerta se enfocan en un solo proyecto y entran en el detalle del mismo, a diferencia de reuniones de evaluación de portafolio, donde se consideran varios proyectos, sus estados y prioridad (ver Sección 4.1.7). A las reuniones de compuerta, por lo general asisten: el líder del equipo de desarrollo, los directores y subdirectores de diferentes áreas, y el cliente (interno o externo), quienes son los encargados de los recursos que el líder de proyecto necesita. Así, la compuerta también es el espacio para la negociación, aprobación y el compromiso de recursos para la siguiente etapa.

En el caso típico de un proyecto acompañado, el cliente transfiere o comparte, mediante un contrato de servicios (con negociación clara), la responsabilidad del desarrollo a la entidad ejecutora –el ICIPC–. Es importante que, como ya el riesgo de desarrollo es compartido, ambas partes se comprometan en la realización responsable de actividades pendientes y necesarias dentro del marco del PDP, según el estado actual del desarrollo del producto, a fin de mitigar el riesgo asociado a las incertidumbres por falta de información preliminar requerida.

En cualquier caso, es indispensable un modelo de evaluación y gobernanza a practicar durante las compuertas para aprobar o rechazar proyectos de desarrollo de nuevos productos o servicios. El proceso de aceptación o rechazo debe mantener un balance entre los errores de aceptación de proyectos y los errores de rechazo de los mismos: si el proceso en la compuerta es débil, será ineficiente la eliminación de proyectos pobres, asignándose así recursos escasos a objetivos inadecuados. Por otro lado, si la evaluación del proyecto es muy rígida, particularmente en etapas tempranas donde lo que existe del proyecto es un poco más que una idea, se podrían rechazar proyectos prometedores y con alto potencial de éxito. Al comienzo, las buenas ideas tienden a ser extremadamente frágiles y vulnerables, y con frecuencia, muy fáciles de matar.

El ICIPC como entidad ejecutora de proyectos de desarrollo de nuevos productos, propios o ajenos, debe estar en capacidad de poder elegir, con criterio, los proyectos a abordar según la planeación estratégica. Las compuertas y las revisiones de portafolio, son entonces los lugares para tomar esta decisión.

A continuación se presenta, para las compuertas del PDP del ICIPC, una estructura, las posibles decisiones con sus criterios, y un protocolo de trabajo.

4.1.2.1. Estructura de Compuerta

La estructura de todas las compuertas del PDP es similar, y tiene el propósito de buscar aprobación de la inversión de manera incremental, procurando así un compromiso progresivo durante el proyecto, en lugar de exigir una inversión completa para todo el proyecto desde el comienzo, cuando las incertidumbres son altas.

Las compuertas permiten apostar incrementalmente en el proyecto de desarrollo, en la medida que se reduce el riesgo. Para esto, los siguientes tres elementos son esenciales en la compuerta:

1. Paquete de Entregables de Etapa (Entradas):

Es el material que el líder del proyecto y el equipo traen al punto de decisión: los resultados de una serie de actividades complejas realizados en la etapa para mitigar el riesgo. Los entregables son visibles, se basan en las actividades escogidas para la etapa, y se seleccionan y acuerdan durante la compuerta previa. De tal forma, se hace claro cuáles serán las expectativas de la dirección y/o del cliente sobre el equipo de trabajo.

Cuando se trata de un proyecto de acompañamiento en el desarrollo de una idea de un cliente que apenas comienza, este paquete se conforma de toda la información existente y generada hasta la fecha, con el cual la entidad ejecutora (el ICIPC) emprende el PDP.

2. Evaluación del Proyecto (Criterios):

Estos incluyen un cuestionario sobre chequeo de nivel de preparación y madurez: preguntas para evaluar rápidamente el cumplimiento de requisitos mandatorios de acuerdo con la etapa, o una lista de chequeo para eliminar proyectos pobres. También se incluyen criterios sobre aspectos importantes pero no mandatorios, y aspectos deseables. En algunos casos, especialmente en revisiones de portafolio, cuando se requiere priorizar proyectos, se recomienda establecer una puntuación para los criterios a fin de facilitar la selección.

Los criterios deben ser operativos (que realmente sirvan en reuniones de compuerta) para que sean objetivos, visibles y entendidos por todos los participantes. Con base en los criterios se evalúa el proyecto por los evaluadores, se logra una decisión y se establece la prioridad de trabajo. Para la evaluación se puede emplear la hoja de puntuación que se propone en la Sección 4.1.2.6.

Adicionalmente, en todas las compuertas se revisa y se actualiza el *Registro de Riesgos* (ver Sección 4.1.4) del proyecto, el cual puede ser una tabla de Análisis de Modos y Efectos de Falla –FMEA, o una lista de riesgos, exclusivos de la gestión *del proyecto* (ANEXO 0). Esto es diferente y complementario a la revisión que se realiza al registro de riesgos *del producto* en la fase de desarrollo, el cual también puede ser una tabla FMEA orientada a aspectos del diseño. El registro de riesgos se construye para cada proyecto particular, y se puede apoyar de la tabla de riesgos típicos descritos en la Sección 4.1.4 y compilados en el ANEXO 9.1 y ANEXO 9.2. Otra fuente importante y ampliamente empleada por empresas de gran trayectoria es la base de datos PERIL (*Project Experience Risk Information Library*) [49][137], que compila una gran cantidad de riesgos reconocidos en numerosos proyectos de desarrollo tecnológico en la industria.

Para proyectos de acompañamiento que apenas comienzan con el desarrollo de iniciativas de clientes, en la primera compuerta se presentan resultados de diagnóstico del estado de la idea y madurez de desarrollo.

3. Entregables de Compuerta y Resultados (Salidas):

Cada compuerta debe generar entregables concisos, provenientes tanto del grupo evaluador como del grupo de desarrollo:

Grupo Evaluador (coordinador de proyectos, directivos de la organización y/o cliente):

- Una decisión sobre la continuación del proyecto (ver siguiente Sección 4.1.2.3).
- El compromiso de aprobación de recursos para la siguiente etapa, por parte de la dirección de la organización o cliente.

Grupo de Desarrollo:

- Un plan de trabajo para la siguiente etapa propuesto por el equipo de desarrollo y aprobado en la reunión (cronograma de actividades, tiempo de personal y costos presupuestados).
- Una lista de entregables de la siguiente etapa y fecha tentativa para su correspondiente compuerta.

4.1.2.2. Criterios de Compuerta

Como puntos de chequeo de control de calidad en el proceso de innovación, las compuertas son la ocasión para considerar si se están *realizando correctamente los proyectos correctos*. Esta consideración se traduce en tres *Aspectos de Evaluación* principales que se revisan en todas las compuertas (Figura 18):

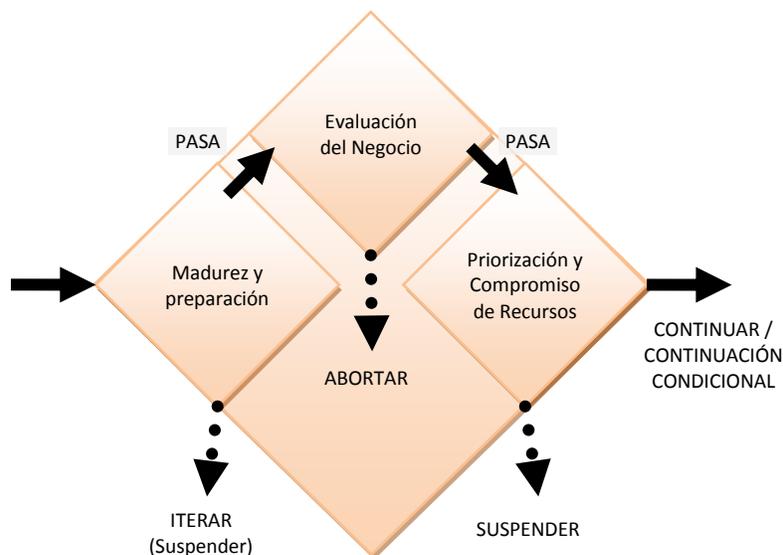


Figura 18. Aspectos de Evaluación de Proyectos en la Compuerta

1. Chequeo de Madurez y Preparación:

Esta evaluación se enfoca en determinar si el proyecto como mínimo se encuentra listo para una revisión de compuerta. Por lo general, la determinación es rápida y se basa en una lista de chequeo de las actividades y entregables acordados y realizados según la etapa. Los resultados o entregables de la etapa, entregados a los evaluadores, son suministrados en un paquete de revisión, con anticipación a la reunión de compuerta, de forma que los evaluadores tienen tiempo de revisar los entregables, entrar en detalle, formular las preguntas necesarias y comunicárselas al equipo de trabajo. En todas las compuertas, este aspecto considera preguntas como:

- ¿Se han realizado correctamente y con buena calidad los pasos y actividades de la etapa anterior?
- ¿El líder del proyecto y su equipo han realizado una labor adecuada?
- ¿Los entregables son adecuados? ¿Hay integridad en los datos?
- ¿La información obtenida contribuye a mitigar el riesgo en el nivel necesario para esta compuerta?

2. Evaluación del Negocio:

Cada compuerta tiene sus propios criterios de evaluación con un nivel de rigor incremental, conforme se avanza en el PDP. El resultado de esta evaluación permite determinar si el proyecto continúa, se replantea o se detiene, al mismo tiempo que ofrece información que contribuye a establecer la prioridad del proyecto frente a otros en curso. En todas las compuertas de la fase de pre-desarrollo, este aspecto considera los siguientes tipos de criterios (ver hoja de puntuación propuesta en Sección 4.1.2.6):

- *Criterios obligatorios y necesarios:* Normalmente se basan en aspectos cuantitativos comparados con objetivos o umbrales establecidos por la organización. El no satisfacer alguno de estos aspectos dentro del umbral requerido, puede indicar una decisión de abortar el proyecto.
- *Criterios deseables (criterios de priorización):* Estos contemplan aspectos altamente deseables en el proyecto, pero una respuesta negativa no necesariamente indica abortar el proyecto, en su lugar, estas respuestas contribuyen a poder priorizar el proyecto en un portafolio de proyectos de desarrollo.

3. Planeación y Compromiso del Recurso:

La decisión de continuar el proyecto debe ir asociada al compromiso del recurso necesario para hacerlo. Este criterio busca evaluar si:

- ¿Es razonable y adecuado el plan de acción y los recursos solicitados para la siguiente etapa?
- ¿Se tienen los recursos disponibles, o se pueden encontrar sin afectar otros proyectos activos?

Los criterios de compuerta permiten determinar cuándo un proyecto ha logrado un nivel de madurez y confiabilidad necesario para poder acceder a programas de financiación externa para las etapas restantes. En casos típicos, por ejemplo cuando se buscan fondos de financiación del gobierno (Colciencias), el riesgo del proyecto debe estar controlado, conocido y disminuido, de manera que se tenga alta certeza en que el uso de recursos externos contribuirá a dar resultados positivos al proyecto.

4.1.2.3. Decisiones de Compuerta

Durante la reunión de compuerta, por lo general las decisiones sobre continuación del proyecto, se reducen a cinco opciones principales, esencialmente basadas en el control que se ha logrado sobre el nivel de riesgo del proyecto y producto para la compuerta en cuestión:

- **Continuar:** Con la autorización de los recursos en personal y dinero por los directivos y/o cliente, el proyecto se aprueba para continuar a la siguiente etapa. También se aprueba el plan de acción o cronograma con hitos para la siguiente etapa, y se acuerdan los entregables para la siguiente compuerta.
- **Abortar:** Significa que el proyecto no es viable para el negocio y se exige detener todo el trabajo y cancelar el proyecto a fin de no gastar más tiempo y dinero en él. Implica que el proyecto tampoco es viable de reconsiderar en el futuro (incluso con otro nombre).
- **Suspender:** Significa que el proyecto cumple con los requisitos de los criterios de la compuerta, es aprobado pero no se asignan recursos aún debido a que existe mayor prioridad en otros proyectos, o falta disponibilidad de recursos. La decisión de *suspender*, depende de factores de prioridad, de riesgo y de la planeación estratégica.
- **Iterar:** Es análogo a “reprocesar” en una línea de procesamiento. Significa devolverse y rehacer la etapa de manera correcta. Indica que el equipo de trabajo no suministró lo que se requería. En caso de no haber recursos para esta iteración (no planeada), la decisión puede ser: *Suspender*.
- **Continuación condicional:** Esta opción surge a fin de agilizar el proceso de desarrollo. Permite avanzar el proyecto a la siguiente etapa bajo el compromiso de que algunas actividades que han entregado información provisional, se complementen y consoliden para la siguiente etapa. Otro caso en el que es útil esta decisión, es cuando la etapa ha cumplido con todos los entregables importantes, exceptuando alguno, que a criterio del grupo de revisión se puede recibir en la siguiente compuerta o a una fecha acordada. La idea nuevamente, es que el proceso debe ser disciplinado y no se debe empelar este criterio de decisión para aplazar los entregables críticos que deben estar presentes para una correcta gestión del riesgo, toma de decisión y progreso del proyecto.

En proyectos de desarrollo contratado, como por ejemplo: licitaciones y concursos para proyectos de innovación con el Estado o entidades gubernamentales, las etapas de la primera fase se dedican a soportar la decisión de participar y ofertar, ya que con frecuencia, es considerable el costo y el esfuerzo de la preparación de esta oferta o la creación de una propuesta de proyecto. Una vez se obtiene la aprobación y se concede el trabajo en este tipo de proyectos, el proceso debe *continuar* adelante desde ese punto. Esto significa que las decisiones de compuerta ya no se basan en alternativas entre *continuar*, *suspender* o *abortar*, sino entre *continuar* o *iterar*.

4.1.2.4. Tipos de compuerta en el proceso

Las compuertas no deben ser vistas como unas barreras en el proceso, por el contrario, son un mecanismo para evitar errores, y para que se respete la gestión de riesgo, sin comprometer el éxito del proyecto.

De esta forma, las compuertas pueden ser “rígidas” o “blandas”:

- Las compuertas “rígidas” requieren la conclusión exitosa de todas las actividades de las etapas previas descritas en el PDP antes de que el proyecto pueda continuar.
- Las compuertas “blandas” permiten que el proceso sea flexible, de manera que aquellas actividades que no han sido terminadas a tiempo para la revisión se registran y se valora su implicación para la

continuación del proyecto. Sin embargo, no necesariamente se detiene el flujo del proyecto, permitiendo así que se puedan continuar ciertas actividades acordadas en paralelo.

En el PDP del ICIPC, las compuertas número 3 de *Evaluación de Concepto y Caso de Negocio*, y la número 5 de *Evaluación Final de Diseño*, se proponen como compuertas rígidas, que, a pesar de que el PDP se escale, siempre deberán existir y exigir el cumplimiento satisfactorio de las actividades propuestas, antes de que el proyecto proceda.

4.1.2.5. Evaluadores de Compuerta

Las personas que atienden las reuniones críticas de compuerta son aquellos miembros claves de la organización y/o del cliente que permiten que funcione el proceso de desarrollo de nuevos productos y servicios. Típicamente son quienes toman la decisión de continuar el proyecto y aprobar los recursos para la ejecución.

En proyectos donde el ICIPC realiza un proceso de acompañamiento de desarrollo de producto para un cliente, la participación activa del cliente es indispensable en todas las revisiones de compuerta, al igual que en varias actividades de las etapas. Es recomendable, que el grupo interlocutor del cliente con el ICIPC, sea en lo posible el mismo durante el proceso, ya que al haber cambios en el personal a cargo del proyecto, tanto por parte del cliente, como por parte del ICIPC, se puede poner en riesgo su continuidad.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para la selección del grupo de evaluadores de compuerta:

- Los evaluadores de compuerta deben tener la autoridad para la aprobación de recursos para la siguiente etapa. Son los propietarios del recurso que requiere el equipo de desarrollo para promover el proyecto a la siguiente etapa.
- Puesto que con frecuencia se requieren recursos de diferentes funciones, los evaluadores pueden representar diferentes áreas funcionales de la organización (y del cliente). Por ejemplo, I+D, Ingeniería, Manufactura, Logística, Mercadeo, Ventas, Compras, Control de Calidad, etc.
- El grupo de evaluadores también puede incluir personas que serán claves para el éxito del proyecto en algún momento en el futuro. Por ejemplo, para proyectos de desarrollo tecnológico, los evaluadores en las primeras compuertas son mayoritariamente del área técnica. Sin embargo, también puede ser importante incluir personas de áreas de negocios, quienes eventualmente deberán comercializar el producto, a pesar que de ellos no se requiera compromiso de recursos en las primeras etapas.
- Debe haber continuidad en personas claves del grupo de evaluadores a lo largo del proyecto para optimizar el proceso de evaluación y no poner en riesgo la continuidad del trabajo.
- Según el tipo de proyecto, tamaño y nivel de riesgo asociado, se define el nivel de los evaluadores. En muchas organizaciones, el personal de mayor experiencia solo atiende a partir de las Compuertas No.3 o No.4 de proyectos de gran escala. En las primeras compuertas y en compuertas de proyectos menores, se puede delegar la asistencia a personal de rango medio.

4.1.2.6. Hoja de puntuación (Scorecards)

En las compuertas de la fase de pre-desarrollo, conviene emplear hojas de puntuación o *Scorecards*, que facilitan la evaluación del proyecto con base en criterios claves para la organización. Estas evaluaciones se inclinan a examinar aspectos cualitativos para valorar el nivel atractivo del proyecto para la organización, como el nivel de ajuste del objetivo del proyecto con el plan estratégico, la disponibilidad de competencias, y la ventajas competitivas, entre otros, en lugar de basarse exclusivamente en cifras financieras.

Así en la compuerta, una vez el grupo de trabajo ha presentado su proyecto, cada miembro del grupo evaluador procede a calificar el proyecto en la hoja de puntuación, y el puntaje final se consolida y se presenta para continuar la discusión y tomar la decisión.

La Tabla 2 presenta una propuesta de hoja de puntuación para las compuertas de la fase de pre-desarrollo del PDP para el ICIPC.

Tabla 2. Hoja de Puntuación de proyectos NPD. Adaptada de Robert Cooper [9] para el ICIPC.

1	AJUSTE CON LA ESTRATEGIA DEL NEGOCIO	Criterio Puntaje 0	Criterio Puntaje 10	Puntaje
	Congruencia	Solo ajuste periférico con las estrategias del negocio	Ajuste fuerte con varios elementos claves de la estrategia	
	Impacto	Impacto mínimo: no se notaría daño si se suspende el proyecto.	El futuro de alguna subdivisión depende de este proyecto.	
2	APALANCAMIENTO ESTRATÉGICO	Criterio Puntaje 0	Criterio Puntaje 10	Puntaje
	Posición en propiedad industrial e intelectual.	Fácil de copiar, no habría protección.	Posición protegida hacia arriba y hacia abajo en la cadena de suministro, mediante combinación de patentes, secretos, acceso a insumos, etc.	
	Plataforma para crecimiento.	Proyecto único, única oportunidad.	Abre posibilidades para varios nuevos productos en nuevos campos técnicos y comerciales.	
	Permanencia (tecnológica y de mercado).	No hay ventaja distintiva, se puede superar fácilmente.	Largo ciclo de vida con oportunidad de mejoras incrementales.	
	Sinergia con otras operaciones en la organización.	Limitado a una sola subdirección o área.	Se puede aplicar ampliamente a través de la organización.	
	Sinergia con programas de financiación para investigación, desarrollo e innovación del Estado.	Objetivo del proyecto por fuera de las líneas temáticas de I+D+i patrocinadas por del Estado	Objetivo del proyecto completamente enmarcado dentro de líneas temáticas de I+D+i patrocinadas por el Estado.	
3	PROBABILIDAD DE ÉXITO TECNOLÓGICO	Criterio Puntaje 0	Criterio Puntaje 10	Puntaje
	Brecha tecnológica.	Amplia brecha entre la solución y la práctica actual. Se debe inventar nueva tecnología. Innovación radical	Mejoramiento incremental; fácil de implementar.	
	Complejidad del proyecto.	Difícil de visualizar una solución; muchos obstáculos (iteraciones) en el camino.	Se puede visualizar una solución; el camino es relativamente directo.	
	Base de competencias técnicas y tecnológicas.	Tecnología nueva para la organización; prácticamente no hay competencias.	La tecnología está ampliamente adoptada en la organización.	
	Disponibilidad de personas e infraestructura.	Se debe contratar personal y levantar infraestructura.	Las personas e infraestructura están disponibles inmediatamente.	
4	PROBABILIDAD DE ÉXITO COMERCIAL	Criterio Puntaje 0	Criterio Puntaje 10	Puntaje
	Necesidad en el mercado.	Se requieren desarrollos de mercado extensivos; aparentemente no existe una necesidad en el mercado.	Producto responde inmediatamente a una necesidad de cliente; existe un mercado amplio.	
	Madurez del mercado.	Mercados en declive.	Mercados en rápido crecimiento.	
	Intensidad competitiva.	Alta: hay varios competidores fuertes en el campo.	Baja: pocos competidores y no tan fuertes.	
	Competencias para la aplicación comercial.	Nuevo para la organización; se deben desarrollar estas competencias.	Competencias existentes y disponibles.	
	Suposiciones comerciales.	Baja probabilidad; alto nivel especulativo.	Alta probabilidad de ocurrencia; muy predictivo.	
	Impacto regulatorio, político y social.	Negativo.	Impacto positivo en temas de alta importancia.	
5	RECOMPENSA	Criterio Puntaje 0	Criterio Puntaje 10	Puntaje

Contribución absoluta a la utilidad. Estimado de VPN, TIR, etc.	Menos del 10% de la utilidad actual.	Mas del 50% de las utilidad actual.	
Tiempo estimado de retorno de inversión.	Más de 10 años.	Menos de 3 años.	
Tiempo para una implementación comercial.	Más de 7 años.	Menos de 1 año.	

4.1.2.7. Protocolo de Compuerta

Las compuertas deben ser justas y percibidas como tal por el equipo de desarrollo. También deben ser transparentes y se deben evitar las astucias entre los evaluadores. Las compuertas deben ser efectivas, generando sanas decisiones y asignaciones adecuadas de recursos a los proyectos adecuados. Las compuertas también deben ser eficientes, facilitando decisiones en tiempos prudentes, sin aplazamientos ni demoras.

Por estas razones, se recomiendan los siguientes protocolos profesionales de compuerta a partir de las mejores prácticas reportadas en la literatura y ejercidas por empresas de amplia trayectoria ([3][6][9][60]).

- Los evaluadores, incluso los de mayor rango, deben operar eficientemente en un equipo de toma de decisiones, obedeciendo las Reglas de Compuerta establecidas (Tabla 3).
- Aunque las reuniones de compuerta se realizan cuando los equipos de desarrollo lo solicitan al finalizar la etapa, usualmente se planean y se llevan a cabo una vez al mes, de forma que se pueda citar a los directivos con anticipación. Usualmente, se dedica un tiempo entre 30 a 90 minutos para cada reunión de compuerta.
- El material entregable de la etapa se hace llegar a los evaluadores, recomendablemente con una semana de anticipación. Se sugiere que el equipo de desarrollo haga entrega del material en los formatos preestablecidos en la organización, a fin de que el equipo evaluador pueda evaluar el progreso fácilmente. Para esto se puede emplear el espacio de gestión documental del ICIPC en SharePoint que se crea para cada proyecto, haciendo parte del SIGEC.
- Es muy importante que exista un *Líder de Proceso* (ver Sección 4.1.3), quien actúa como moderador y facilitador (*chairman*). Usualmente, es el *dueño* o encargado del proceso de desarrollo (PDP). Esta persona es un árbitro con potestad de facilitar las discusiones y buscar conclusiones. El líder de proceso también se encarga de hacer seguimiento con el líder del proyecto y los evaluadores, sobre aspectos que hayan quedado pendientes en la reunión, y hayan llevado a una *Aprobación Condicional*.
- Antes de la reunión, cuando el evaluador procede a revisar el material entregado, si él o ella posee una pregunta o encuentra algún detalle crítico, deberá contactar al líder de proceso o al líder del proyecto con anticipación. No debería haber sorpresas en la compuerta.
- Debe realizarse la reunión de compuerta según ha sido programada, a menos que los entregables no estén listos. Se debe realizar la reunión aun cuando una decisión de *Abortar* el proyecto sea inminente, a fin de llegar a un cierre formal del proyecto y lograr acuerdo sobre lecciones aprendidas. Es importante entender que una decisión de *Abortar*, tomada correctamente, también es un resultado exitoso, ya que la organización se ahorra futuros problemas y gasto de recursos.
- Es recomendable que el equipo de desarrollo esté presente durante la reunión, escuche la discusión, observe el resultado de la evaluación y aprenda de las razones que justifican la decisión. Video y teleconferencias son aceptables, siempre y cuando la infraestructura de comunicación sea robusta y confiable.
- El equipo evaluador, debe utilizar el formato de la hoja de puntuación (Sección 4.1.2.6), mediante la cual, el Líder de Proceso, consolida el resultado que se presenta al equipo.

Con estos lineamientos generales, el procedimiento recomendado de la compuerta es el siguiente:

El equipo de desarrollo del proyecto tiene quince minutos para presentar el material, sin interrupciones. El número de diapositivas se limita a diez o quince. No es preciso repetir en detalle todo el material entregado pues los evaluadores deben conocerlo a priori, mas bien, se revisan y se discuten elementos clave, los riesgos asociados y

las necesidades para el desarrollo. Posteriormente, sigue un espacio para preguntas y respuestas, moderado por el Líder de Proceso, asegurando que las preguntas sean justas, relevantes y relacionadas con el tema. El Líder de Proceso tiene la potestad de conceder tiempo para el equipo de desarrollo discutir la respuesta a una pregunta, si fuese necesario.

Una vez terminadas las preguntas, el Líder de Proceso conduce a los evaluadores por la lista de criterios de evaluación, siguiendo los pasos de la *Figura 18. Aspectos de Evaluación de Proyectos en la Compuerta*, comenzando con las preguntas de *Chequeo de Madurez y Preparación*, para verificar la calidad del material entregado y la integridad de la información. También se revisan y actualizan los registros de riesgo de producto existentes. Si el material está incompleto o posee falencias, en este punto se determina si el grupo de desarrollo debe repetir o corregir actividades e *Iterar* la etapa. En tal caso, se suspende la reunión con un compromiso en fecha para enviar las correcciones a los evaluadores y una nueva cita para la reunión de compuerta.

Si los entregables están correctos, el proyecto *Pasa* este primer criterio de evaluación y el Líder de Proceso procede a mostrar el resultado de los evaluadores según los criterios de *Negocio*, revisando las respuestas a factores obligatorios, necesarios y deseables, y solicitando a los evaluadores que justifiquen la respuesta solo cuando sea necesario encontrar un consenso. Como se explicó en la Sección 4.1.2.2, la evaluación de este segundo criterio conduce a la decisión de *Abortar* o *Continuar*.

Durante la *Evaluación de Negocio*, dependiendo del nivel de madurez en que esté el proyecto y la información disponible, se pueden revisar resultados de varias actividades tales como: el análisis de factibilidad económica (si la etapa terminada lo permite), la realización la hoja de puntuación (*scorecards*) sobre diferentes factores de éxito claves del proyecto, y/o la revisión del registro de riesgo del proyecto. Si el proyecto presenta falencias en esta evaluación de los aspectos de negocio, entonces la decisión más adecuada es *Abortar*.

Si desde el punto de vista del *Negocio*, el proyecto sigue siendo atractivo, el Líder de Proceso *Pasa* el proyecto a ser evaluado según el tercer criterio de *Planeación y Compromiso de Recurso*. Se discute la disponibilidad de recurso y se busca la aprobación de los insumos requeridos para el desarrollo de la siguiente etapa. En este momento, si la decisión es *Continuar*, entonces la dirección y/o el cliente comprometen y suscriben los recursos a la ejecución de la siguiente etapa, según lo planifica y solicita el líder del proyecto con el plan de actividades y asignación a seguir.

El hecho de que el proyecto haya pasado la *Evaluación de Negocio*, no garantiza la continuidad del mismo si el recurso es escaso. En tal caso, durante la evaluación también se puede revisar el proyecto en contexto con otros proyectos en curso en la organización y, con base en la puntuación obtenida según aspectos necesarios y deseables de negocio, se establece la prioridad (ver Sección 4.1.2.6). Después de discutir el plan de acción y la necesidad de recursos propuestos por el grupo de desarrollo, la decisión se enfoca en *Continuar* versus *Suspender*.

Si la decisión tomada es *Suspender*, debido a que no están disponibles los recursos necesarios para la ejecución de la siguiente etapa, los evaluadores se comprometen a buscar el recurso necesario en un plazo máximo de tres meses. También se establece una nueva cita para reunión de seguimiento de la decisión entre el Líder de Proceso, los evaluadores, y el líder del grupo de desarrollo. Se pretende que el proyecto continúe en menos de 3 meses, o en caso contrario se *aborta*. En esta situación, los evaluadores (directivos y/o cliente) deberán buscar la manera para suscribir más recursos al proceso de desarrollo, o de *abortar* o *suspender* otros proyectos que tengan menos valor.

Finalmente, si al terminar la reunión de compuerta, la decisión es de *Continuar* el proyecto a la siguiente etapa, el grupo evaluador establece un nivel de prioridad frente a otros proyectos de desarrollo existentes y se llega a un acuerdo sobre el plan de acción y los entregables para la siguiente Etapa. Se establece el compromiso para suscribir los recursos, y se define una fecha para la siguiente reunión de Compuerta. Adicionalmente, se notifica de inmediato al grupo de trabajo sobre el resultado de la revisión.

En la revisión de Compuerta debe llegarse a un consenso respecto a la decisión entre *Continuar* o *Abortar*. En caso de no haber consenso inmediato en un proyecto de desarrollo interno, se toma la decisión con base en una votación. En caso de un desarrollo contratado directamente por un cliente, si él decide abortar, se procede a realizar un cierre formal del proyecto.

Es importante que durante la reunión de compuerta, la evaluación diferencie bien los tres aspectos anteriores (1) *madurez y preparación*, (2) *evaluación del negocio*, (3) *planeación y compromiso del recurso*. Por ejemplo, si se suspende, por motivos de prioridad y disponibilidad de recursos, un proyecto cuya etapa en cuestión ha sido ejecutada con alta calidad, la discusión se debe centrar en el tercer aspecto y no en el primero, así, el equipo no siente que la dirección está castigando su trabajo afectando innecesariamente la moral.

En algunas ocasiones se puede acordar una *Aprobación condicional*. Caso en el cual, el proyecto cumple con la mayoría de criterios de evaluación pero queda pendiente alguna información adicional de la etapa que no impide la aprobación, pero el requisito debe ser considerado en la siguiente Compuerta. En este caso, el líder del desarrollo se compromete a incluir esta tarea en la siguiente etapa.

Si un evaluador requiere respuesta a una pregunta y el equipo no está en capacidad de responder inmediatamente, o requiere tiempo para levantar la información requerida para atender dicha pregunta, se deberá acordar una fecha para que el grupo entregue una respuesta, o en su defecto, un plan de trabajo con su respectivo presupuesto, necesario para establecer la información que lleve a la respuesta solicitada.

En lo posible, el evaluador debe solicitar información disponible dentro del alcance de la etapa, y comunicarse con el equipo de trabajo con preguntas antes de la reunión de revisión de compuerta. Si las preguntas planteadas requieren de mayor tiempo para trabajo, se debe notificar al Líder del Proceso para agendar y acordar la nueva fecha de la compuerta, considerando también las implicaciones que un posible trabajo adicional pueda tener en disponibilidad de recursos y presupuesto.

Particularmente para proyectos de acompañamiento del ICIPC a un cliente, antes de cualquier revisión de compuerta con el cliente, los documentos que conforman el paquete de entregables para la compuerta, debe cumplir el flujo de trabajo de aprobación por la dirección que está establecido. De manera que se asegura también el control de calidad en los documentos que el cliente recibe.

No se debe perder de vista que, *tal como se ejecutan las compuertas, se ejecuta el proceso*. En un sistema riguroso de desarrollo de productos, las compuertas permiten la identificación temprana de proyectos pobres. Pero no siempre las organizaciones tienen la determinación para reciclar, suspender o abortar un proyecto de estos. Es necesario que la organización sea capaz de tomar una decisión diferente a continuar el proyecto cuando ésta sea necesaria, sin verse afectada por vicios que puedan impedirlo.

Por otro lado, la organización debe evitar las “compuertas huecas”, en las que se toma la decisión de continuar a la siguiente etapa, pero no se comprometen los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Cuando no existe rigor en las revisiones y decisiones durante la compuerta, la organización comienza a abordar una gran cantidad de proyectos, donde muchos carecen de valor. Similarmente, cuando se aprueban proyectos durante las compuertas, sin garantía de compromiso del recurso para la siguiente etapa, la organización prácticamente no ve límite en el número de proyectos que se deben aprobar.

La aprobación de demasiados proyectos para un grupo limitado de recursos, tiende a generar diferentes inconvenientes en el proceso de desarrollo, entre los más comunes se observan:

- *Pobres cantidades de asignación de tiempo de los miembros del equipo en muchos proyectos.*
- *El abuso de la habilidad de multitarea. Un exceso de este requerimiento implica un decrecimiento en la productividad, ya que al estar cambiando entre tareas altamente diferentes se incurre en costos de suspender y reiniciar, o mayores probabilidades de error cuando las tareas son de alta concentración.*

Con los recursos asignados de manera estrecha en diversos proyectos (con frecuencia heterogéneos), los proyectos comienzan a tener retrasos, esperando la disponibilidad del recurso para trabajar en ellos. En algunos casos, el proceso se estanca y ninguno progresa de manera efectiva. Como consecuencia de esto, al tener el proyecto márgenes de tiempo relativamente cortos y no contar con el tiempo suficiente para realizar correctamente el trabajo, algunos miembros del equipo comienzan a tomar atajos y comprometen la calidad del desarrollo.

4.1.2.7.1. Reglas de Compuerta para Evaluadores

Tabla 3. Reglas de Compuerta para Evaluadores.

1.	Los evaluadores deben presentarse a la revisión de compuerta. <ul style="list-style-type: none"> Las reuniones canceladas y aplazadas no deben ser una opción.
2.	Los evaluadores deben recibir con anticipación el paquete de entregables de la etapa, deben leerlo y prepararse para la reunión. <ul style="list-style-type: none"> Se debe contactar al <i>Líder de Proceso</i> o al equipo de trabajo en caso de encontrar aspectos críticos del proyecto. No debe haber “ataques sorpresa” en la reunión.
3.	Los evaluadores no deben solicitar información o respuestas que vayan más allá del alcance de los entregables. <ul style="list-style-type: none"> No se trata de “corchar” al equipo de trabajo. No se trata de demostrar influencia política, o superioridad intelectual.
4.	Los evaluadores deben respetar la presentación y al presentador. <ul style="list-style-type: none"> Las preguntas deben ser justas. La sesión de preguntas y respuestas debe ser justa y no viciada.
5.	Los evaluadores deben tomar su decisión basados en los criterios de la Compuerta. <ul style="list-style-type: none"> Los evaluadores deben revisar cada criterio y alcanzar una conclusión. Cada evaluador debe diligenciar una hoja de puntuación (Sección 4.1.2.6) en la reunión de revisión de Compuerta.
6.	Los evaluadores deben ser disciplinados. <ul style="list-style-type: none"> No deben prevalecer los intereses propios. No debe haber criterios no explícitos.
7.	Las decisiones se deben basar en hechos, evidencias y criterios. Las decisiones no se deben basar en aspectos emocionales. <ul style="list-style-type: none"> Todos los proyectos deben ser tratados de manera justa y consistente. Todos los proyectos deben pasar por la Compuerta. No debe haber tratamientos especiales para proyectos. Todos los proyectos deben someterse a los mismos criterios con el mismo rigor de la compuerta en que estén, y de la escala del PDP que se haya acordado (Sección 4.1.6).
8.	Se debe lograr una decisión. <ul style="list-style-type: none"> Prontamente, si los entregables están disponibles y cumplen, no se debe aplazar la decisión. El proceso debe ser ágil y no debe haber demoras por parte de los evaluadores.
9.	Se debe informar al equipo de trabajo sobre la decisión. <ul style="list-style-type: none"> Inmediatamente. En persona o mediante comunicación directa.
10.	Si la decisión es <i>Continuar</i> , los evaluadores apoyan el plan de acción acordado. <ul style="list-style-type: none"> Deben suscribir y comprometer los recursos (personas y dinero). El cliente se compromete bajo acuerdo contractual a apoyar la siguiente Etapa. Acceder a hacer tiempo disponible para los miembros del equipo del proyecto. Ningún evaluador debe desautorizar la decisión de <i>Continuar</i> tomada en consenso o incumplir con los recursos comprometidos.
11.	Si la decisión es <i>Suspender</i> <ul style="list-style-type: none"> los evaluadores deben procurar encontrar los recursos. El proyecto no debe permanecer <i>suspendido</i> por más de 3 meses, o se aborta. Esto presiona a los evaluadores a realizar decisiones difíciles para abortar proyectos o buscar más recursos.

La “sobre-aprobación” de proyectos de desarrollo en una organización, tiene otras consecuencias negativas como: el incremento en el estrés de trabajo en los miembros del equipo, lo cual típicamente se traduce en que unos acusan a otros por los hitos incumplidos, perjudicando así la moral del grupo. Adicionalmente, en ocasiones los grupos inteligentes simplemente reducen exigencia en los objetivos del proyecto.

4.1.2.7.2. Problemas Comunes

En ocasiones, se materializan los riesgos en los proyectos de desarrollo, y se enfrentan a diversos problemas durante las etapas, por ejemplo, se prolonga la cantidad de trabajo requerido y se pasan las fechas de hitos comprometidos, u ocurren cambios en el marco financiero del proyecto, entre otros. En estos casos no se debe esperar hasta la fecha de la siguiente reunión de compuerta para re-encausar o *abortar* el proyecto.

Sin entrar a generar una cantidad adicional de compuertas en una misma etapa larga, generando problemas burocráticos en el proceso, el líder del grupo de desarrollo deberá avisar al Líder de Proceso mediante una alerta, para programar una reunión entre ellos. Con esto, se avisa a los evaluadores y posiblemente se programa una reunión de compuerta de emergencia. Se pretende no dar espera cuando un proyecto se enfrenta a condiciones problemáticas, como las siguientes:

- **Bloqueos tecnológicos:**

Situaciones en que se presentan barreras tecnológicas que impactan el proyecto en mayor tiempo y costo de desarrollo, o reducen la probabilidad de éxito técnico (comparada con la probabilidad de éxito estimada en la compuerta anterior).

- **Cronograma del Proyecto:**

Si el proyecto se retrasa significativamente (más de 30 días) respecto al plan acordado en la compuerta anterior, o si se pierden al menos dos hitos seguidos de la etapa.

- **Especificaciones y Características del Producto:**

Si se alteran o cambian aspectos como el diseño del producto o las especificaciones del mismo, para ser más riguroso o más relajado, de forma tal que impacte negativamente la satisfacción de una necesidad del cliente, la definición del producto o el cronograma de trabajo.

- **Pronóstico de Ventas:**

Si ocurren cambios significativos en el pronóstico de ventas del producto en comparación con el estimado en el caso de negocio de la compuerta anterior.

- **Costo de Producción:**

Si ocurren cambios significativos en el pronóstico de costos del producto en comparación con el estimado en el caso de negocio de la compuerta anterior.

- **Recursos:**

Si ocurre algún incumplimiento de asignación y compromiso de recursos por parte de algún área funcional, a partir del plan de acción acordado y aprobado en la compuerta anterior.

- **Caso de Negocio:**

Si ocurre cualquier otro tipo de cambio que impacte significativamente el caso de negocio y horizonte financiero esperado del proyecto, en comparación con los pronósticos financieros aceptados en la compuerta anterior.

Así como se presentan problemas durante las etapas como los expuestos arriba, también durante las reuniones de compuerta suelen presentarse problemas. La mayoría de estos problemas surgen debido a malas prácticas y vicios de integrantes involucrados en el proceso de evaluación en la compuerta, lo que afecta e impacta seriamente el proceso y la cultura de desarrollo de productos. Algunos de los más comunes en la práctica, y que se deben corregir o evitar a toda costa son:

1. Impuntualidad o incumplimiento de las reuniones, y en caso de asistir, comenzar a leer los entregables por primera vez justo antes o al inicio de la reunión.
2. No permitir al grupo de desarrollo la oportunidad de realizar su presentación y comenzar a atacar con preguntas difíciles al momento en que se presentan las primeras diapositivas.
3. Exigir información que no se acordó dentro de los entregables o solicitada específicamente, haciendo que el equipo de trabajo esté fuera de balance.
4. Atacar al equipo con preguntas viciadas y rudas, asegurándose que los jóvenes investigadores permanezcan con temor de los directivos evaluadores.
5. Ignorar los criterios de evaluación de las compuertas, tomar decisiones a partir de la emoción y de la opinión personal.

6. Insistir solo en las proyecciones financieras, particularmente en etapas tempranas, gastando hasta un 75% de la reunión discutiendo valores sin dar importancia al resto de la información presentada.
7. Asumir un rol de juez y no ofrecer ayuda o consejo.
8. En caso de duda, no tomar ninguna decisión y dejar al equipo de trabajo esperando varias semanas una conclusión.
9. No priorizar proyectos y seguir adicionando proyectos a la lista activa.
10. Exigir, sin propuestas, al equipo de trabajo reducir los tiempos pactados y los recursos requeridos, y a los recursos asignados y aprobados, reasignarlos o prescindir de ellos en cualquier momento.

4.1.3. El Líder del PDP

El PDP requiere un líder que vigile y apoye la aplicación del proceso. Ningún proceso, por más riguroso o lógico que sea, se implementa a sí mismo. De modo que debe existir un encargado del proceso que lo esté vigilando, mejorando y actualizando. La experiencia demuestra que si esta persona hace falta en la organización, difícilmente el proceso funciona consistente y eficazmente. El líder del proceso puede ser un miembro del área administrativa o técnica, que le reporta en este ámbito a la dirección administrativa.

El líder del proceso posee varias responsabilidades, entre ellas:

- Asistir a, y facilitar las revisiones de compuerta.
- Asegurar que la dirección esté preparada.
- Asegurar que los entregables del equipo de desarrollo se han entregado y estén en su lugar.
- Asegurar que las reuniones de compuerta fluyan acorde con reglas de juego y que se tome una decisión.
- Ser un mentor para los equipos de trabajo.
- Liderar el esfuerzo de implementación del proceso de desarrollo de nuevos productos y servicios (PDP) en la organización.
- Encargarse de realizar el mantenimiento del proceso una vez implementado.
- Suministrar apoyo y entrenamiento del proceso una vez implementado.
- Ser el punto focal para consulta en el proceso y de retroalimentación para mejora del mismo.
- Desarrollar las bases de datos de herramientas y métricas para la ejecución del proceso.
- Emplear técnicas de análisis de portafolio para suministrar información en revisiones de portafolio y de compuerta.
- Llevar trazabilidad de cada proyecto en el proceso, medir su desempeño y nivel de éxito final.
- Establecer lineamientos prácticos y consistentes para los entregables (*formatos, templates, listas, etc.*).
- Servir como un recurso para guiar a los equipos de proyectos a superar barreras en los procesos de desarrollo.
- Desarrollar y mantener la documentación del proceso (manuales, lineamientos, guías rápidas de trabajo, etc.).
- Promover la aplicación del proceso en cualquier oportunidad, buscando el apoyo de personas claves.

4.1.4. El Líder de Proyecto

El líder de cada proyecto también es vital para el éxito, por lo que debe elegirse cuidadosamente. El líder puede provenir de cualquier área funcional de la organización, lo cual se determina según la naturaleza y enfoque del proyecto.

La mezcla de cualidades que debe tener un buen líder, combina habilidades interpersonales y habilidades técnicas; sin embargo, como es observado por varios especialistas en PDP [10], y visto numerosas veces en la práctica, la eficacia y éxito del proyecto, se determina más por el primer grupo de habilidades que por el segundo. En la literatura se habla de varias experiencias de desarrollo insatisfactorias donde se han escogido líderes exclusivamente con base en sus competencias técnicas. En realidad, las recomendaciones dadas por empresas de larga trayectoria y gran madurez en gestión de proyectos de desarrollo, establecen que las personas elegidas para liderar se deben primero caracterizar por:

- Tener pasión por el proyecto y un alto nivel de energía.
- Ser carismáticos y capaces de poder transmitir la pasión a los integrantes de su equipo.
- Estar dispuestos a perseverar, aun cuando la situación se pone difícil.
- Tener habilidades interpersonales, ser buenos comunicadores, saber escuchar y manejar bien el conflicto.

Con estos requisitos cumplidos, el enfoque de la elección de líder luego se centra en las competencias técnicas requeridas. Algunas de éstas son:

- Habilidades y gusto para gestionar proyectos.
- Conocimiento de la tecnología implicada.
- Conocimiento del cliente y familiaridad con el mercado y el sector industrial.

La organización debe cultivar sus líderes. Existe una curva de aprendizaje para el liderazgo, así que, si la organización detecta personas con interés y habilidades en este campo, lo recomendado es que las conserve mediante la motivación adecuada, con reconocimiento y estímulos.

Otra recomendación importante es que la organización debe procurar que los líderes de proyectos permanezcan en lo posible en esta asignación durante la vida del proyecto. La continuidad a lo largo de las etapas del proyecto, no solo de los líderes, sino también de la mayoría de los miembros del equipo, en particular los que poseen las competencias y el conocimiento más importante, es de vital importancia para el éxito y gestión de riesgos. Es claro que las circunstancias pueden exigir cambios de liderazgo, en algún momento de algún proyecto determinado, sin embargo, el grupo debe procurar mantener contacto con los líderes iniciales, a fin de garantizar continuidad.

El liderazgo del proyecto se confirma en cada compuerta, y se identifican todos los integrantes del grupo, y sus disponibilidades se aprueban por los evaluadores. Algunos miembros adicionales se podrán agregar durante la etapa en caso de ser requeridos, según lo coordina y planifica el líder, y lo aprueba la dirección o el cliente.

4.1.5. Gestión del Riesgo

“El Análisis de Riesgos es un patrón de pensamiento que nos permite cambiar y mejorar el futuro. El éxito y la supervivencia dependen de nuestra capacidad para adelantarnos al cambio y evitar que nos devoren sus efectos negativos”- Charles Kepner.

Dentro del contexto general de gestión de proyectos¹, el *riesgo* se entiende como un evento o condición incierta debido a una o varias causas, que de ocurrir, puede tener efectos positivos o negativos en uno o varios objetivos del proyecto.

En proyectos de innovación, una situación de alto riesgo es aquella en la que se establecen altos compromisos, por ejemplo, altas sumas de dinero, o alta importancia estratégica del proyecto para la organización; y al mismo tiempo los resultados son inciertos, por ejemplo, la incertidumbre si el producto será viable técnicamente o si tendrá éxito en el mercado.

En proyectos de desarrollo de producto las exigencias son altas: comúnmente se establecen requerimientos de bajo costo o límites en éste, al tiempo que se busca empujar los límites de la innovación; y esto, conlleva a incrementar el perfil de riesgo del proyecto. Desde este punto de vista, el riesgo se puede ver como algo bueno, pues sin él no habría oportunidades. En realidad, es la misma presencia del riesgo, lo que en primera instancia representa la oportunidad para que un proyecto pueda proponerse. Muchas veces para el ICIPC, esta combinación de condiciones (bajo costo y alta innovación) señalan la presencia de riesgos por encima del nivel prudente para la organización, con lo cual, se concluye que la mejor opción es no abordar el proyecto. Por esto, se reconoce la importancia de la definición de una política de riesgo organizacional que formaliza el perfil de riesgos límite que puede tener un proyecto para ser abordado.

Por otro lado, el impacto real del riesgo es específico a cada proyecto, a pesar de que es en sí es algo común y presente en todos, razón por la cual, el líder de un proyecto está constantemente involucrado en decisiones que

¹ La Guía PMBOK® [48] (*Guide to Project Management Body of knowledge*) del *Project Management Institute -PMI*, es ampliamente empleada como un sumario completo de procesos y principios de gestión de proyectos, y es el fundamento para la certificación PMP.

tienen una incidencia grande sobre el riesgo. Más aún, la gestión efectiva del riesgo, que vela por establecer un conjunto de actividades y prácticas para el control de eventualidades adversas y favorables, solo puede ser lograda mediante las acciones de todo el equipo de trabajo, incluyendo al cliente [51].

La gestión de riesgo formaliza entonces, de manera proactiva, técnicas intuitivas que algunos equipos de desarrollo practican para lograr el éxito en los proyectos; y para eso, debe existir en la organización, una estrategia global de gestión de riesgo [54], de modo que el proceso de gestión de riesgo en proyectos de desarrollo pueda ser implementado de una forma coordinada. En esta Guía PDP se explican algunas formas como la gestión de riesgo se puede integrar en proyectos de innovación.

4.1.5.1. Elementos del Riesgo

Emprender desarrollos con altos compromisos y al mismo tiempo altas incertidumbres, puede afectar a una organización tanto como cuando se teme al riesgo y se evita completamente cualquier incertidumbre, optando por no emprender ningún desarrollo. Claramente, ambas posiciones extremas son perjudiciales: en el primer caso, si se materializa el riesgo, puede acarrear consecuencias graves para la organización y/o el cliente; en el segundo caso, el riesgo es tan bajo que las decisiones son casi triviales, y muchos nuevos productos de bajo riesgo que salen al mercado son por consiguiente triviales, poco promisorios y poco diferenciados.

Existen varias formas de caracterizar el nivel de riesgo en gestión de proyectos, una de las más comunes es la empleada en la industria de los seguros, como la multiplicación de dos factores: a) la probabilidad de ocurrencia, y b) la cantidad de pérdidas o impacto [49]. Análogamente, en la práctica de la gestión del riesgo para proyectos de innovación [9] donde es difícil establecer la probabilidad de los eventos, estos factores comúnmente se reconocen como: a) el nivel de las incertidumbres y b) los compromisos/recompensas en juego.

En la gestión de riesgo de proyectos de desarrollo, se plantean cinco reglas de juego para mantener el riesgo controlado con un balance entre los dos elementos característicos anteriores, a fin de buscar el progreso estratégico del proyecto. Aunque estas reglas parezcan de sentido común, se enuncian a continuación para aclarar el concepto:

1. *Mantener bajos los compromisos (inversiones) si las incertidumbres son altas.* Emprender el camino por pequeños pasos cuando no se sabe muy bien cómo llegar.
2. *Incrementar el compromiso si se disminuyen las incertidumbres.* Avanzar con pasos más grandes en la medida que se aprende más hacia dónde se dirige el proyecto.
3. *Convertir la decisión en un proceso incremental.* Esto es, descomponer la decisión de “*todo o nada*” en una serie de etapas y decisiones, haciendo la debida diligencia para mejorar la información que apoya la toma de la decisión.
4. *Aprovechar cada etapa como un medio para reducir la incertidumbre.* Esto es, prepararse para *pagar* por la información que es clave y necesaria para reducir el riesgo.
5. *Disponer de puntos a lo largo del camino donde sea posible evaluar oportunamente el progreso.* Opciones para decidir sobre la continuación o la retirada si fuese necesario, sin incurrir en pérdidas tan altas como las que habría ante un fracaso al final.

Al comienzo del proyecto, los compromisos (pérdidas, inversiones y recompensas) son usualmente bajos, y la incertidumbre o probabilidad de fracaso del resultado es alta. A medida que el proyecto progresa, incrementan los compromisos en juego, y, si el proyecto se gestiona correctamente, se reducen las incertidumbres deliberadamente en la misma medida (Figura 19). Por consiguiente, no se debe permitir incrementar más la inversión si no es posible reducir las incertidumbres.

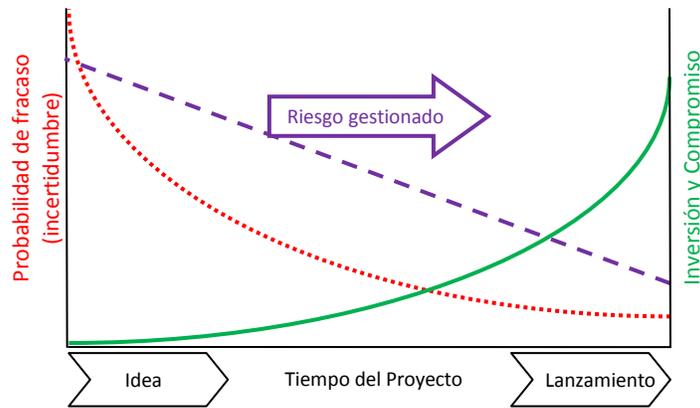


Figura 19. Caso de Riesgo gestionado a lo largo de la vida del proyecto: La inversión y el compromiso crecen en la medida que se reducen las incertidumbres.

En proyectos del ICIPC que se llevan a cabo con el apoyo de financiación externa, donde el ente financiador exige, previo al desembolso, el compromiso de lograr el producto al finalizar el proyecto, el riesgo puede ser alto, ya que se asume desde el inicio que todas las fases van a ser exitosas, y que el presupuesto inicial no va sufrir modificaciones. En estos casos, es conveniente proponer proyectos que tengan menor riesgo de un posible fracaso en uno o varios de los objetivos trazados, no necesariamente por ser de baja complejidad, sino porque hayan logrado un nivel de madurez mínimo en el PDP en fase de pre-desarrollo ejecutada previamente, de manera que se tenga alta certeza en que el uso de recursos externos, contribuya a dar resultados positivos al proyecto, y ayude al éxito del producto.

En todo momento, el ICIPC debe evitar el posible escenario de proyectos pobremente gestionados, donde se permita un incremento indiscriminado de la inversión, sin lograr una reducción adecuada de las incertidumbres, y “avanzar” sin tener bases sólidas, a partir de especulaciones y suposiciones del grupo interno o del cliente. Dentro de las consecuencias hacia el final de estos proyectos mal condicionados, cuando se encuentran próximos a un lanzamiento, puede darse que el equipo no esté más seguro sobre el resultado técnico o comercial del producto que en el día primero, debido a que se han incrementado los compromisos e inversión, y las incertidumbres y riesgo continúan siendo altos (Figura 20).

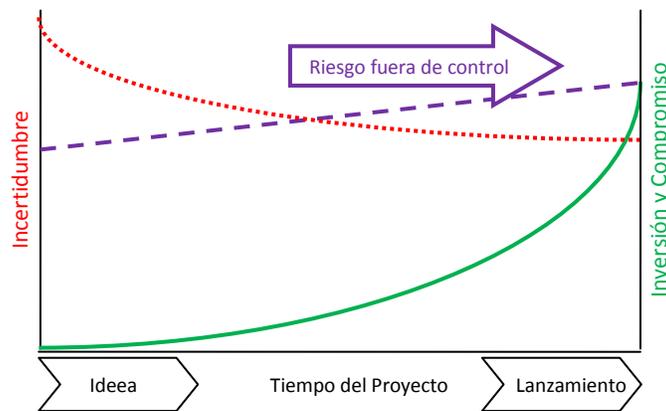


Figura 20. Caso de Riesgo fuera de control a lo largo de la vida del proyecto: La inversión y el compromiso crecen pero no se reducen las incertidumbres.

En esencia, por cada centavo y esfuerzo que se invierte en el compromiso con el proyecto, se debe conseguir una disminución proporcional en las incertidumbres, a fin de que el riesgo no se salga de control. De este modo, todo el Proceso de Desarrollo de Producto, desde el descubrimiento de la idea hasta la implementación y lanzamiento, se puede ver como un proceso para reducir el riesgo a partir de la compra de opciones en el juego de la innovación.

4.1.5.2. Proceso de Gestión de Riesgo – PGR

Existen varios modelos de proceso de gestión de riesgo, los cuales se pueden clasificar en 3 grupos: Aquellos establecidos por asociaciones de normatividad internacional, como ISO31000:2009 e ISO31010:2009; aquellos establecidos por instituciones profesionales, como el *Project Management Institute -PMI*; y los establecidos por departamentos de gobierno, como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). En esta Guía para el PDP, se presenta un proceso que armoniza con la terminología de la norma ISO31000:2009 *Risk management - Principles and guidelines* [54] y los lineamientos del PMI [49] para gestión de riesgo en proyectos.

Actualmente, existen en el ICIPC algunas prácticas que se pueden enmarcar dentro de un proceso de gestión del riesgo, y aunque estas no necesariamente se ciñan a una norma internacional, la exploración de la norma invita a mejorar y estructurar el proceso con lineamientos planteados por expertos, de manera que la gestión de riesgo sea para el ICIPC: bien definida y adaptada a las necesidades de la organización, y comunicada y repasada con periodicidad, especialmente al personal nuevo.

En el desarrollo de nuevos productos y servicios, es imposible la eliminación total del riesgo, a no ser que la organización opte por evitar completamente la innovación; enfoque que la puede llevar a enfrentar una muerte lenta y segura. Por esto, cuando una organización realiza una correcta gestión de proyectos NPD, inherentemente aplica un Proceso de Gestión del Riesgo.

Se entiende por *Proceso de Gestión del Riesgo –PGR*, el diseño sistémico, la implementación y el monitoreo de acciones para identificar, priorizar y analizar los riesgos de un proyecto, y la definición e implementación de respuestas para mitigar tales riesgos [46]. Los conceptos claves de esta definición son:

- **Diseño sistémico:** La gestión de riesgo en proyectos sigue una metodología estructurada para la intervención de los riesgos, incluyendo definición de responsabilidades, prioridades y tareas.
- **Acción:** La realización de tareas es central para la gestión de riesgo. Se requieren fuertes competencias para proponer, seleccionar, comunicar, ejecutar y monitorear actividades.
- **Identificación:** Es el proceso de descubrir los riesgos que puedan presentarse en el proyecto. Reconocer cuáles riesgos representan una amenaza y cuáles una oportunidad para el proyecto.
- **Priorización:** La organización de los riesgos por importancia y criticidad permite al grupo intervenir primero en los mayores riesgos.
- **Análisis:** El entendimiento de los riesgos es precondition para tomar medidas efectivas. En el análisis, cualitativo o cuantitativo, se revisan las características particulares de cada riesgo y la relación que existe entre ellos.
- **Respuestas:** Un buen análisis solo agrega valor si resulta en respuestas trabajables que cambian el perfil de riesgo del proyecto.

Adaptando esta definición, con base en las prácticas establecidas por diversos profesionales en gestión de proyectos¹, se proponen 5 pasos para el PGR articulado a proyectos de desarrollo de nuevos productos y servicios en el ICIPC, los cuales se ilustran en la Figura 21.



Figura 21. PGR para Proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos y Servicios en el ICIPC.

Como se esquematiza en la Figura 22, el acople entre PDP y PGR se da cuando en un proyecto de desarrollo se establece la conciencia por las actividades necesarias en las etapas para mitigar el riesgo, sea mediante la ejecución de acciones preventivas y correctivas, o el levantamiento de información que apoye la toma de decisiones. De esta manera, el PDP busca reducir el riesgo del proyecto y del producto a medida que progresa el desarrollo, soportando la naturaleza iterativa del proceso de gestión de riesgo, y exigiendo que continuamente se

¹ PMP (*Project Management Professionals*) del *Instituto de Gestión de Proyectos PMI* [48][49].

identifiquen y controlen posibles nuevos riesgos, hasta que el nivel de confianza sea adecuado para la implementación del producto y cierre del proyecto.

Bajo este contexto, y entendiendo que el PDP facilita el proceso de gestión de riesgo, en la Figura 22 se ilustra cómo las etapas del PDP y los Pasos del PGR suceden en el proyecto de desarrollo. Obviamente, como se verá en la Sección 4.1.6, la gestión del desarrollo deberá escalar el proceso y configurar la profundidad y nivel de rigor en el monitoreo, a partir de la selección de actividades en cada etapa, de acuerdo con características del proyecto, tales como: la complejidad, el tamaño, el tipo, y el nivel de riesgo identificado y valorado, etc. [50].

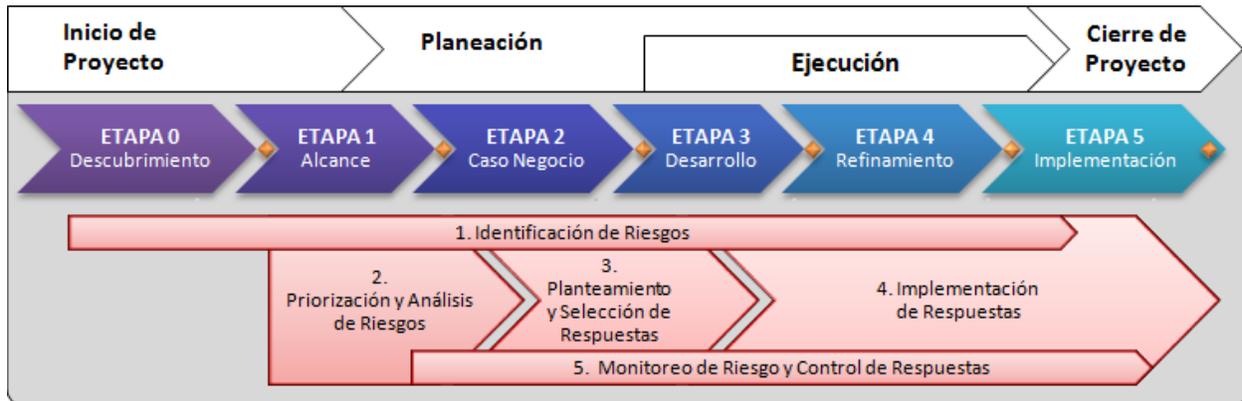


Figura 22. Acople de procesos paralelos PDP y PGR en la gestión de un proyecto de desarrollo en el ICIPC.

La identificación de riesgos comienza entonces, de forma preliminar, en la *Etapa 0 de Descubrimiento o Diagnóstico de la Idea*, y luego se profundiza en la *Etapa 1 de Definición del Alcance* del proyecto. Sin embargo, el reconocimiento de riesgos no termina ahí. A lo largo del proyecto es necesario que el equipo esté alerta para poder seguir identificando nuevos riesgos u oportunidades a partir de la nueva información recabada.

La priorización y análisis de riesgos se comienza a llevar a cabo también en la *Etapa 1 de Alcance*, para luego consolidarse, durante la *Etapa 2 de Definición del Caso de Negocio*, un plan de trabajo con respuestas seleccionadas para mitigar el riesgo, las cuales serán ejecutadas durante la siguiente *Etapa 3 de Desarrollo* y diseño en detalle, al igual que en la *Etapa 4 de Refinamiento* y posteriormente en la *Etapa 5 de Implementación*.

Entre tanto, las Compuertas del PDP se entablan como espacio para evaluar las actividades propuestas, monitorear el riesgo, y tomar decisiones. Así mismo, aunque el último paso del PGR es el monitoreo del riesgo y control de las respuestas implementadas, éste se lleva a cabo no solo al final del proyecto, sino también a lo largo del mismo durante cada compuerta de revisión.

La ejecución coordinada y articulada del PGR y del PDP, requiere que el equipo de trabajo fortalezca la comunicación, sus procesos e infraestructura ([49][78][89]), con competencias y herramientas necesarias para promover la eficiencia y el éxito del proyecto. Esto facilita que el líder de proyecto, los miembros del equipo, los directivos y los clientes puedan discutir los riesgos y las tareas de respuesta establecidas.

Con mucha frecuencia en proyectos fallidos, se observa que miembros del equipo conocían riesgos fatales, pero el líder no. El conocimiento y documentación de los riesgos presentes en el proyecto es el primer paso esencial hacia la acción. La comunicación puede basarse en una reunión del equipo, una sesión de lluvia de ideas de riesgos y respuestas, como también en la difusión de reportes de progreso y análisis para toma de decisiones. Así, en las organizaciones donde es importante la confianza y la discusión abierta de incertidumbres, se obtiene mayor provecho de procesos como el PDP y el PGR.

Dentro de los beneficios del PGR, está el hecho de que incrementa la sensación de realidad del proyecto entre los miembros del equipo, especialmente cuando los miembros son jóvenes. Consecuentemente, el líder y su grupo deben incorporar riesgos y planes de acción en su planeación y presupuesto, proporcionando mejor percepción sobre los efectos de los riesgos con anticipación. Un evaluador que aprueba y financia un proyecto, tiene entonces, elementos para poder realizar concesiones entre riesgos y beneficios del proyecto. Aspecto que suele generar discusión cuando la dirección o cliente tiene un presupuesto y un plazo diferente (menor) en mente, pero se

argumenta la necesidad de mitigar el riesgo con acciones requeridas. La evaluación de los riesgos del proyecto ofrece, por tanto, la oportunidad para modificar o detener a tiempo proyectos de alto riesgo.

La adecuada gestión de riesgo en proyectos también ayuda a reducir el estrés en los miembros del equipo de desarrollo, al igual que reduce horas extras de trabajo y reprocesamientos. Por otra parte, el PGR permite a la organización mejorar su habilidad para emprender proyectos más complejos e innovadores, con impactos muy positivos en su reputación y competitividad. En síntesis, una buena gestión de riesgo es un medio clave para incrementar los ingresos y rentabilidad de una organización.

Finalmente, durante la vida del proyecto, es natural, como se verá en esta Guía, que se hable del Proceso de Gestión Riesgo en diferentes etapas del PDP, ya que, como se explicó, son procesos paralelos que van estrechamente de la mano: al realizarse actividades para mitigar el riesgo del producto en desarrollo, incidentalmente se gestiona el riesgo del proyecto de desarrollo, y viceversa. De esta manera, se puede pensar que la *Innovación Inteligente* resulta de la sinergia entre el PDP y el PGR.

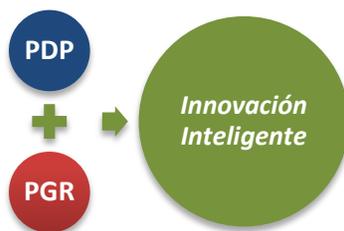


Figura 23. La Innovación Inteligente resulta de la sinergia entre PGR y PDP.

4.1.5.3. Categorización y Clasificación de Riesgos

En el ANEXO 9.1, se referencia una serie de riesgos típicos en proyectos de desarrollo de producto [65][49]. Esta lista contiene riesgos organizados de forma integral, desde la óptica de la organización, en clasificaciones que facilitan su reconocimiento y tratamiento oportuno a lo largo de las etapas del proceso de desarrollo. Estos riesgos no sólo están enfocados a aspectos técnicos o tecnológicos en el producto, sino también, a los que pueden surgir en otros ámbitos, como el mercado, la organización, la gestión del proyecto, etc. Estos riesgos, son en su mayoría aplicables al contexto de desarrollo de nuevos productos tangibles, aunque algunos también pueden ocurrir en el contexto de nuevos productos intangibles, como servicios. Para cubrir el contexto de nuevos servicios, en el que el ICIPC se desempeña con alta prioridad, se complementa la lista de referencia, incluyendo en el ANEXO 9.2 una serie de riesgos potenciales compilados por el autor Robert Cooper [10], y clasificados según las características propias de los servicios descritas en la Sección 2.3.

Es importante aclarar que en el caso de proyectos de desarrollo contratados por el cliente, la ejecución puede ser dividida o compartida. En el caso de que las partes se dividan el trabajo, cada una se encarga de identificar y atender los riesgos relacionados con su alcance de decisión y aporte al proyecto, y esto se comunica oportunamente a la otra parte. En particular, cuando el ICIPC apoya el desarrollo técnico del un producto, éste, generalmente, toma las decisiones sobre las especificaciones para un diseño adecuado del producto, y se las debe comunicar al cliente de manera clara y oportuna; en tanto que el cliente deberá encargarse de atender los riesgos de mercado, de administración, logística y otros. Este tipo de consideraciones dependerán de la tipología del proyecto, que, como se han mencionado, pueden considerarse por lo menos tres: Proyecto por encargo, contratados directamente por el cliente; proyectos cofinanciados por entidades externas como por ejemplo del Estado; y proyectos propios.

Cuando se intervienen los riesgos, usualmente existen dos opciones: la *Prevención* y la *Recuperación*. La gestión del riesgo siempre implementa estas tácticas. La prevención se aplica cuando se deben y se pueden intervenir las causas, mientras que la recuperación, se aplica cuando solo se pueden intervenir los efectos. Con base en esta distinción se definen tres categorías de riesgo [49]:

- a) **Conocidos y controlables**
- b) **Conocidos y no controlables**

c) No conocidos

Todos los riesgos listados en la referencia del ANEXO, son conocidos, y pueden ser o no controlables, siendo posible planificar al menos una respuesta de prevención o de recuperación (al menos teóricamente). En la tercera categoría, de riesgos desconocidos, no es posible planificar prevenciones, por lo tanto la mejor forma de intervenirlos es mediante la planeación de reservas contingentes en el proyecto, en cuanto a cronograma, recursos, y/o actividades, basada en experiencias con proyectos pasados. Esto refuerza la importancia de que se registren las lecciones aprendidas durante proyectos anteriores, en los procesos de gestión de conocimiento asociados al proceso de desarrollo.

4.1.5.4. Registro de riesgo

El registro de riesgo del proyecto es una de las herramientas más útiles en el PGR ([46][49][65]). Permite llevar una bitácora de los riesgos, donde se registran y se les hace seguimiento a lo largo de la vida del proyecto.

Un componente importante de este registro lo suministra el análisis cualitativo de riesgo, con el cual se escala el PDP de acuerdo al proyecto, como se describe en la Sección 4.1.6. Otro componente del registro de riesgo se puede construir al llevar a cabo un análisis cuantitativo de cada riesgo de proyecto y de la solución a desarrollar. Estas formas de analizar el riesgo en proyectos se introducen brevemente a continuación. Explicaciones más a fondo se pueden encontrar ampliamente en la literatura sobre análisis de riesgo.

El registro de riesgo facilita la coordinación de trabajo del equipo de desarrollo, pues registra los miembros del equipo que son responsables para atender cada riesgo, y las respuestas a implementar. Además, al actualizarse el registro en cada etapa del PDP, éste se convierte en un insumo activo y esencial en las compuertas de revisión para realizar seguimiento a respuestas implementadas y apoyar la toma de decisiones.

Adicionalmente, como la experiencia es un excelente maestro, es recomendable construir, con cada proyecto de desarrollo, un repositorio histórico de registros de riesgo, almacenado en el Sistema de Gestión de Conocimiento, SIGEC, el cual se puede consultar para conocer lecciones aprendidas y ayudar en el desarrollo de proyectos futuros. El repositorio histórico también permite conocer cuáles estrategias de gestión de riesgo fueron planteadas en proyectos pasados y verificar si las actividades en dichas estrategias fueron las adecuadas.

La idea es que el histórico de registros de riesgo contribuya con elementos para la gestión más eficiente de futuros proyectos, sin que esto signifique que en los nuevos proyectos se obvие el pre-desarrollo. Recordar que, si bien los riesgos pueden ser comunes a través de proyectos, sus causas, efectos, e implicados, son particulares y diferentes.

4.1.5.4.1. Análisis cualitativo de riesgo

Para analizar cualitativamente el riesgo, se puede emplear una de las dos metodologías más comunes en la industria, que son: el Análisis de Modos y Efectos de Falla (*Failure Mode and Effects Analysis -FMEA*) (ANEXO 0) y el Cuadro de Riesgos (Método Delphi [49]). Un requerimiento mínimo en la valoración del riesgo en cualquiera de estas dos técnicas es la elaboración de una lista con riesgos por orden de prioridad según la severidad aparente.

En algunos proyectos resulta útil agrupar los riesgos identificados por categorías, por ejemplo: riesgos relacionados con la gestión del proyecto, riesgos relacionados con el cliente, riesgos relacionados con los recursos para el desarrollo, o riesgos relacionados con algún área técnica específica del producto, por ejemplo, propiedades de materiales o diseño del artículo, etc. Esto permite implementar estrategias más eficientes para definir las actividades que contribuyan a mitigar o eliminar grupos de riesgos, en lugar de atenderlos individualmente. El Diagrama Ishikawa que se referencia en el ANEXO 0, es una buena herramienta, comúnmente empleada en la industria, para relacionar las causas con un modo de falla particular en cuestión.

En esencia, tanto el FMEA como el Cuadro de Riesgo, son tablas de valoración que tienen en consideración por lo menos los dos factores importantes del riesgo descritos anteriormente: Severidad de impacto y Probabilidad de ocurrencia. Cada riesgo se valora en estos factores, asignando en consenso una calificación que puede estar en una escala de 1 a 9, con valores como: bajo (2), medio (5) y alto (9); o muy bajo (1), bajo (3), medio (5), alto (7), muy alto (9). La escala se determina por el grupo acorde con el nivel de diferenciación deseado y la facilidad con que se puede llegar a un consenso.

Tabla 4. Ejemplo de Cuadro de Riesgo (Método Delphi).

RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	VALOR DE RIESGO
<i>Descripción del riesgo</i>	<i>Valor estimado en consenso</i>	<i>Valor estimado en consenso</i>	<i>= (Probabilidad) x (Impacto)</i>

En esta Guía PDP se incorpora la creación del registro de riesgo en la *Etapa 1 de Definición del Alcance* (Sección 4.4.1.6), en la actividad de *Identificación Preliminar de Riesgo*. Los detalles de implementación y uso se dan en el ANEXO 0. Por practicidad y eficiencia, se recomienda el uso de las técnicas cualitativas de análisis de riesgo en la estimación preliminar de riesgo para el escalamiento del PDP, ya que son más fáciles de aplicar, y en general requieren menos esfuerzo.

4.1.5.4.2. Análisis cuantitativo de riesgo

Los métodos cuantitativos buscan incrementar la precisión y revelan más información detallada de cada riesgo, apoyando una mejor planificación de acciones preventivas y recursos de contingencia en el proyecto. Sin embargo, estos métodos, basados en modelos matemáticos como: el análisis de PERT, el uso de funciones de distribución de probabilidad para cada riesgo, análisis de sensibilidad, árboles de decisión, simulaciones (Montecarlo) y análisis estadísticos, entre otros; requieren mayor trabajo y de información histórica relevante que los alimente. Esta labor es recomendable para proyectos vitales de alto riesgo o donde se comprometen vidas humanas. Existen herramientas comerciales disponibles para apoyar este tipo de análisis, como por ejemplo @RISK [139].

4.1.5.5. Implementación de PGR en la organización

El modelo de excelencia organizacional Europeo, desarrollado por la EFQM (*European Foundation of Quality Management*) [47], se ha convertido, para muchas organizaciones a nivel mundial, en la base para el mejoramiento de la competitividad. Como una herramienta de diagnóstico y fortalecimiento, aplicada al campo de la gestión de riesgo [46], este modelo realiza una descripción holística de la organización, independiente de su tamaño o sector, y establece el nivel de madurez en el dominio de procesos para gestionar el riesgo, en relación a nueve aspectos críticos de la organización, como se muestra en el esquema de la Figura 24. Las competencias en estos aspectos son indispensables para poder articular el PGR con el PDP dentro de la organización.

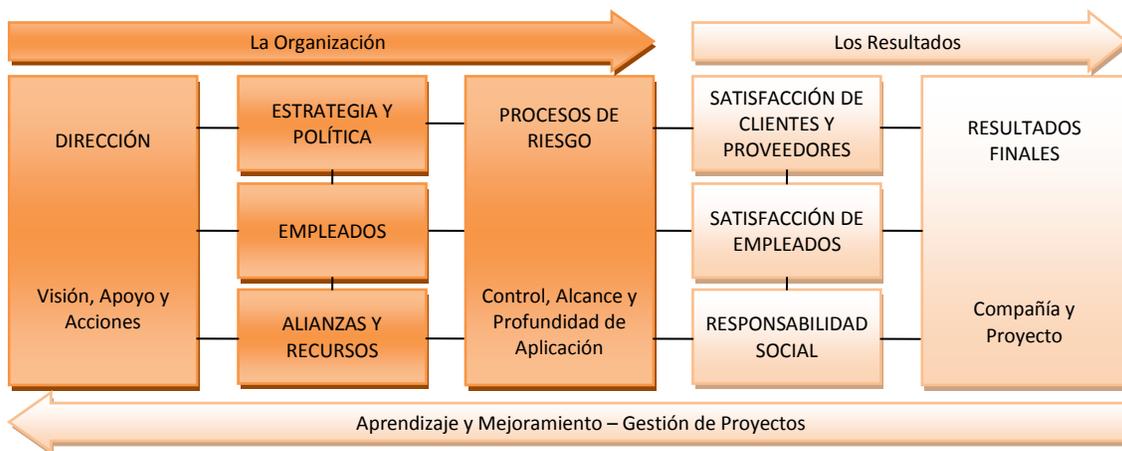


Figura 24. Modelo EFQM de excelencia organizacional para la gestión del riesgo [47].

En el lado izquierdo del modelo, se ubican cinco aspectos relacionados con *La Organización*, que junto con actividades de *aprendizaje y mejoramiento*, determinan la calidad de la realización de gestión de riesgo en la organización. A la derecha del modelo, se ubican los aspectos relacionados con *Los Resultados* de los esfuerzos de la gestión sobre los entes impactados por proyectos de desarrollo. Estos resultados indican qué tan

adecuadamente se está desempeñando la organización a los ojos de otros. Los *Resultados Finales* indican el desempeño de la organización frente a indicadores internos medibles de riesgo.

Este modelo es la base con la que se llevó a cabo el diagnóstico de madurez en PGR del ICIPC, como parte de la encuesta del ANEXO 9.6, ocupándose de la evaluación de la porción izquierda de *La Organización*, a fin de poder afinar el diseño del PDP y el PGR a la medida de las necesidades. Es recomendable, posterior a la implementación y aplicación de la presente Guía PDP, realizar periódicamente la evaluación de *Los Resultados* [46], para contribuir al mejoramiento continuo y cumplir con los lineamientos de calidad de la organización.

4.1.6. Escalabilidad del PDP

El PDP del ICIPC, con las etapas y compuertas preestablecidas, no implica que le deba servir así a todo tipo de proyectos de desarrollo. De hecho, es importante entender que el PDP del ICIPC es escalable según el nivel de riesgo y complejidad (o simpleza) del proyecto; de modo que no debe haber excusa para trabajar por fuera de los lineamientos del proceso, cuando se abordan proyectos “simples”, o con bajo nivel de innovación, como adiciones a líneas de productos, mejoramientos, etc., que con frecuencia en muchas organizaciones son la mayoría de casos.

Por pequeño que sea un proyecto de desarrollo, siempre habrá una componente de riesgo y se consumen recursos, al menos en la gestión. Sin embargo, no todos estos deben pasar obligatoriamente por todas las etapas y compuertas. El proceso, entonces se transforma en al menos tres tamaños para ajustarse a las necesidades organizacionales y promover la eficiencia y eficacia, como se esquematiza en la Figura 25. Para proyectos de bajo riesgo, se permite, e incluso es necesario, simplificar el proceso y la cantidad de trabajo. De cualquier forma, la regla que se respeta es que mientras más grande es el nivel de riesgo, mas “completo” debe ser el PDP y con más disciplina se debe ceñir el trabajo a los requerimientos.

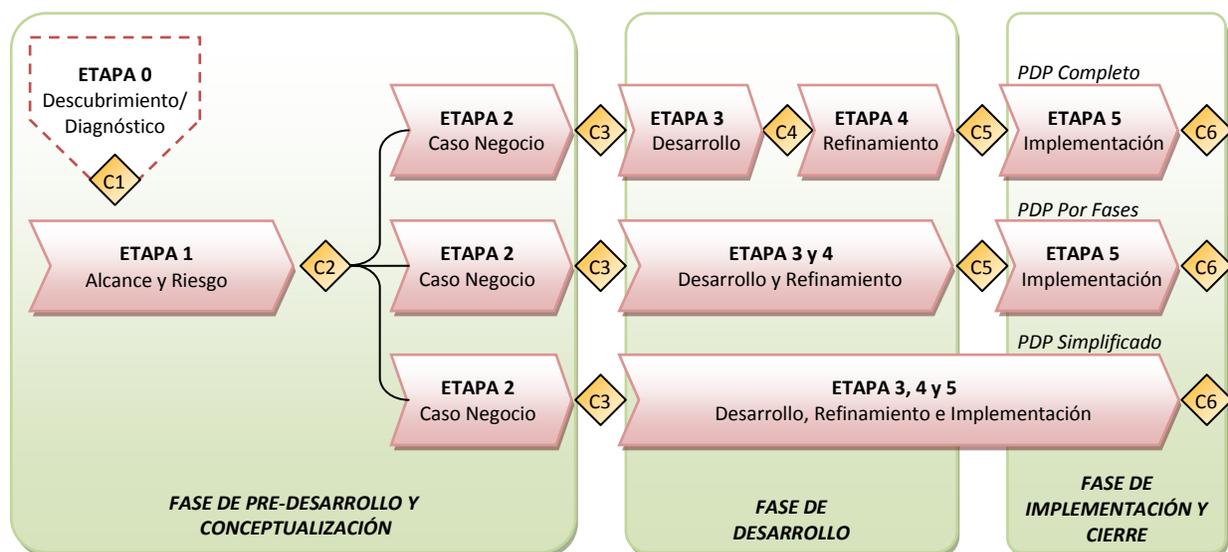


Figura 25. Esquema ilustrativo de la escalabilidad del PDP del ICIPC.

El PDP también se ajusta con algunos criterios en proyectos de desarrollo contratado, como por ejemplo: licitaciones y concursos para proyectos de innovación con el Estado o entidades gubernamentales. En este caso, las etapas de la primera fase se dedican a soportar la decisión de participar y ofertar, ya que con frecuencia, es considerable el costo y el esfuerzo de la preparación de esta oferta o la creación de una propuesta de proyecto. Recordar que una vez se obtiene la aprobación y se concede el trabajo en este tipo de proyectos, el proceso debe *continuar* adelante desde ese punto. Esto significa que las decisiones de compuerta ya no se basan en alternativas entre *continuar* o *abortar*, sino entre *continuar* o *iterar*.

Al reducirse el tamaño del PDP, también se busca reducir el número de revisiones de tipo compuerta. Entre tanto, las revisiones de tipo seguimiento y por pares (*peer reviews*), siguen siendo importantes dentro de las etapas para

validar y verificar resultados, pero no contemplan la decisión sobre continuación del proyecto [53][76]. En el ICIPC, estas reuniones de seguimiento y por pares se llevan a cabo en espacios programados con expertos del tema y las tecnologías asociadas al producto, donde se evalúa en detalle el progreso técnico del desarrollo y se identifican posibilidades de mejora en el diseño. Como se menciona en las etapas de la fase de desarrollo, al articularse un recurso externo para el trabajo o una revisión, se deben considerar en la planeación: sus costos, su confidencialidad, y sus responsabilidades en entregables, entre otros. Dependiendo del proyecto, el cliente costea este recurso, o se financia con recursos externos. Los impactos para el cliente se definirían en tal caso.

Se debe recordar que, durante el pre-desarrollo, las revisiones de compuerta no deben ser tan exigentes en relación con las compuertas siguientes, ya que en instantes tempranos del proyecto, la información apenas se está consolidando; en particular, la información financiera y las especificaciones técnicas.

4.1.7. Portafolio de Proyectos

La selección de proyectos –la toma adecuada de decisiones sobre continuar e invertir en proyectos de desarrollo– hace parte del tema más amplio de “*Gestión de Portafolio*”. El término “*Gestión de Portafolio*” se toma prestado del ámbito de la comunidad financiera. En la innovación de productos, todos los desarrollos se ven como una “inversión”; y estas inversiones se pueden manejar con herramientas de decisión y técnicas similares a las empleadas en la industria financiera. Un elemento del PDP que aporta a la gestión de portafolio, son las Compuertas –los puntos de decisión en el proceso de desarrollo donde se toman las decisiones sobre continuidad y donde se comprometen los recursos a los proyectos.

La gestión de portafolio es un proceso dinámico de selección que debe ser considerado con la aplicación del PDP, donde se actualiza y se revisa periódicamente la lista de proyectos de nuevos desarrollos de la organización. En este proceso, se evalúan, seleccionan y se priorizan nuevos proyectos; los proyectos existentes se pueden acelerar, suspender o re-priorizar; y los recursos se asignan y se reasignan a los proyectos activos.

El proceso de gestión de portafolio comprende y cobija un número de procesos de toma de decisiones dentro de la organización, incluyendo: las revisiones periódicas del portafolio total de todos los proyectos (revisando todos los proyectos holísticamente y comparándolos entre sí; la toma de decisiones sobre continuidad en proyectos individuales en sus respectivas compuertas; el desarrollo de estrategias de nuevas soluciones (productos/servicios) para la organización; y las decisiones de asignación y compromiso de recursos.

Según Robert Cooper, la gestión de portafolio y la asignación de recursos, se pueden tratar como un proceso jerárquico, con dos niveles que simplifican y facilitan la toma de decisión:

- **Nivel 1 – Decisiones estratégicas de portafolio:**

Planteamiento de líneas estratégicas de trabajo y mapa estratégico de producto (*Strategic Product Roadmap*), con base en la estrategia de negocio de la organización y la estrategia de innovación. Se responden preguntas como: ¿Dónde debe la organización invertir sus recursos de desarrollo?, ¿Cómo se deben distribuir los recursos entre los diferentes tipos de proyectos de desarrollo, mercados, tecnologías o categorías de productos? y ¿En qué grandes iniciativas o nuevas plataformas se deben concentrar los recursos?

- **Nivel 2 – Decisiones tácticas de portafolio:**

Enfoque de las decisiones tácticas de portafolio en proyectos individuales, respetando los lineamientos de la planeación estratégica. Se responden preguntas como: ¿Qué proyectos específicos de desarrollo se debe emprender?, ¿Cuáles son sus prioridades relativas? y ¿Qué recursos se deben asignar a cada uno? Estas decisiones tácticas se esquematizan en la parte inferior de la Figura 26, y son un eje central de esta Guía.

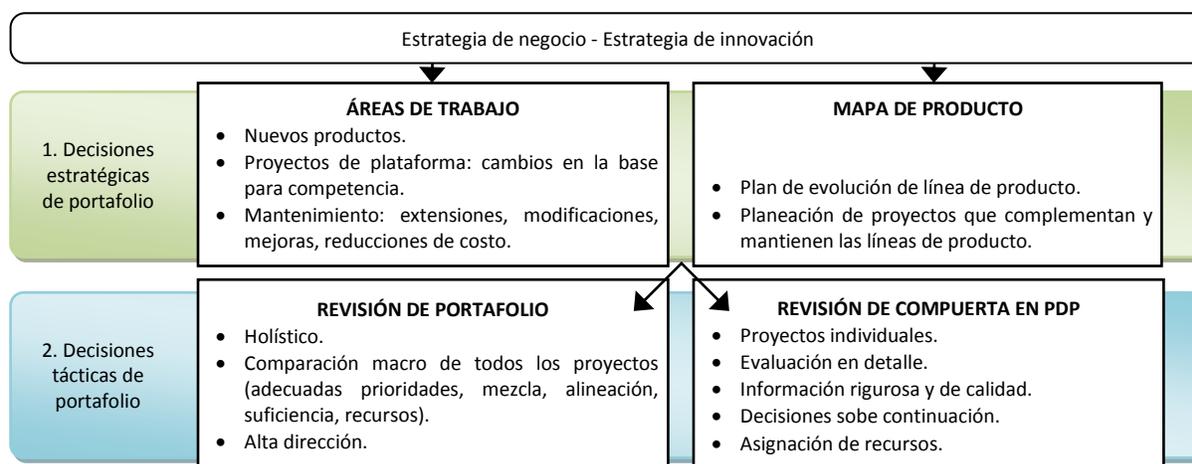


Figura 26. Niveles de toma de decisión en la gestión de portafolio [9].

4.1.7.1. Revisiones de Compuerta y Revisiones de Portafolio

Como se ha mencionado, las compuertas del PDP, son lugares claves para observar cada proyecto individual en detalle; para tomar decisiones sobre continuación y asignación de recursos; y para asegurarse de que se *realiza el proyecto correctamente*. Sin embargo, las compuertas no son suficientes para determinar si se *realizan los proyectos correctos*. Para esto, las revisiones periódicas de portafolio (recomendablemente mínimo cuatro veces por año), se entablan para tomar decisiones de priorización entre todos los proyectos considerados conjuntamente, según los resultados de las compuertas de cada uno. De esta forma, algunas de las preguntas típicas en una revisión de portafolio, serían:

- *¿Están alineados estratégicamente todos los proyectos?*
- *¿Se tienen las prioridades adecuadamente establecidas entre ellos?*
- *¿Hay proyectos activos en la lista que deben ser suspendidos, o tal vez, acelerados?*
- *¿Se tiene el balance adecuado de proyectos?, ¿la mezcla es correcta? o ¿hay muchos proyectos pequeños e insignificantes?*
- *¿Se tienen los recursos necesarios para la realización de todos los proyectos? o ¿Se deberán suspender o abortar algunos?*

Estos lineamientos se practican en la actualidad en el ICIPC, comúnmente en el *Comité Técnico*, y se plasman en esta Guía para formalizarlos y complementar el contexto del Proceso de Desarrollo de Productos y Servicios.

Las *Revisiones de Compuerta* acopladas con *Revisiones de Portafolio* periódicas, constituyen dos procesos de decisión que permiten manejar las decisiones tácticas de portafolio correctamente. Como se vio en la descripción de las compuertas, herramientas como la hoja de puntuación (Sección 4.1.2.6), los análisis financieros del proyecto, las listas de chequeo de cumplimiento de criterios, etc. son útiles para la revisión de portafolio.

Así, una vez el proyecto pasa la Compuerta No.2 del PDP, donde se aprueba el alcance, donde los recursos requeridos para la continuación ya son considerables, y donde existe suficiente información para caracterizar el proyecto, éste se ingresa al portafolio de proyectos de desarrollo. Una vez en el portafolio, se evalúa el proyecto con escrutinio junto a otros proyectos, en las revisiones de portafolio programadas.

En una revisión de compuerta, a veces se puede evaluar cuán atractivo es el nuevo proyecto en relación a otros proyectos existentes en el portafolio. Con base en las puntuaciones de los otros proyectos existentes. Sin embargo, no es adecuado en la revisión de compuerta, re-priorizar los demás proyectos: Primero, porque en ese momento no se tiene toda la información de los demás proyectos; segundo, no se presupuesta el tiempo para esto; y tercero, no es apropiado re-priorizar otros proyectos cuando sus líderes no se encuentran en la reunión para abogarlos. Como se mencionó, la re-priorización de proyectos se debe dejar para la revisión de portafolio, y no para las revisiones de compuerta.

4.1.8. Integración, Verificación y Validación

En un proyecto NPD es necesario comprobar que la solución satisface tanto a las especificaciones técnicas como al cliente, entendiendo éste último, bien sea como el usuario final, o como clientes en forma de elementos del sistema o usuarios intermedios que se relacionan con el nuevo producto en cuestión. El proceso conocido como *Integración, Verificación y Validación* (IVV) permite desarrollar estas comprobaciones.

Como se verá en las etapas de la fase de desarrollo del PDP, la IVV cobija una familia de técnicas, y puede ser aplicada independientemente del tipo de solución en desarrollo, sea tangible o intangible, hardware, software o una combinación de ambos, o incluso si es una solución basada en operaciones (servicio).

A pesar de que los métodos de IVV pueden variar de acuerdo a las disciplinas del tipo de proyecto, usualmente se requiere algún tipo de evaluación del diseño, que puede ir desde una revisión rigurosa del desempeño de cada componente del diseño en cada instancia o ejemplar de la solución, hasta un proceso de revisión de determinados aspectos críticos en una muestra aleatoria de instancias de la solución. En cualquier caso, es crítico que la IVV se comience a aplicar desde temprano en el desarrollo: tan pronto se tengan propuestas de diseño conceptuales, en conjunto con la determinación de requerimientos del cliente. Esto ayuda a garantizar el consenso entre el proveedor de la solución y el cliente.

Debido a la importancia que tiene la noción de la IVV dentro del PDP, se definen en esta sección algunos elementos importantes que serán referenciados más adelante en el detalle de las etapas 3 y 4 de la fase de desarrollo.

4.1.8.1. Contexto del proceso de verificación y validación

La IVV está estrechamente relacionada con otros términos de la gestión de proyectos que hacen referencia a la prueba de que la solución satisface uno o más requerimientos. Dentro de esta familia de términos se encuentran los siguientes [99][102], y como en cualquier comunicación en el área de gestión de proyectos e ingeniería de los sistemas, es imperativo que estos términos sean bien entendidos y comunicados apropiadamente entre los miembros del equipo, a fin de evitar consecuencias negativas.

- **Verificación:** Es la comprobación de que la solución desarrollada (el sistema y sus componentes) cumple con las especificaciones técnicas establecidas.
- **Validación:** Es la prueba de que la solución satisface las necesidades del usuario.
- **Calificación de producto:** Es la prueba de que el diseño sobrevivirá en su ambiente previsto y con margen de seguridad (*product qualification*).
- **Certificación:** Es dar fe, mediante un certificado firmado u otra prueba, de que la solución cumple con un estándar.
- **Integración:** Es la combinación y ensayos sucesivos de elementos del sistema, en forma de componentes de hardware, de software y/o tareas del operador, a fin de demostrar progresivamente, mediante información, la compatibilidad y desempeño de todos los componentes del sistema.
- **Verificación y Validación Independiente:** Es la comprobación de que la solución cumple con las especificaciones y la satisfacción del cliente, realizada por personal técnicamente objetivo y administrativamente independiente del grupo de desarrollo. El nivel de independencia del grupo evaluador lo determina el riesgo asociado al producto. En el caso de un producto con alto riesgo, la evaluación la realiza un equipo completamente independiente de la organización que lo desarrolla.
- **Integración, Verificación y Validación:** Es la combinación de los elementos del sistema, la comprobación de que el sistema funciona como se especifica, y la confirmación de que se realizó la solución correcta y que los clientes y usuarios están satisfechos.
- **Integración, Verificación y Validación Independiente:** Es la secuencia de integración, verificación y validación del sistema y sus componentes, conducida por personal objetivo completamente aparte a la organización que hace el desarrollo.

Los autores Forsberg, Mooz y Cotterman ([99][100][101][103]), y la *International Council on Systems Engineering - INCOSE* [102], amplían las definiciones y explicaciones de las relaciones entre los diferentes contextos de la

integración, la verificación y la validación, mediante el planteamiento del “*modelo Vee para el Ciclo de Desarrollo de Sistemas*”.

Particularmente para la validación, es tradicional en muchos proyectos que ocurra al final, cuando el usuario finalmente puede utilizar la solución y se determina su nivel de satisfacción. Sin embargo, aunque esta práctica puede funcionar, también puede acarrear un enorme desperdicio cuando el producto es rechazado en la entrega. Muchos productos de proyectos de desarrollo en la historia, han tenido que ser almacenados o desechados debido a que el público objetivo los rechazó. Por tanto, una buena gestión de validación a lo largo del PDP, puede ayudar a evitar este resultado indeseable. Así, con las etapas del PDP, se entabla un plan de validación con los diferentes niveles de usuario según los ámbitos de la solución, de manera tal que en la medida en que se madura la definición del producto en el transcurso del proceso de desarrollo, se incluyen espacios de interacción con el cliente interno o externo en el proceso integrado de validación.

Actualmente, el ICIPC realiza un proceso disciplinado de validación y verificación, enmarcado en el sistema de calidad, en flujos de gestión documental y de aprobación de informes y documentos, donde miembros, tanto dentro como fuera de los proyectos, revisan objetiva y rigurosamente los entregables de los servicios del ICIPC. Estas prácticas existentes se reconocen también importantes dentro de la filosofía del PDP para ser tenidas en cuenta en el desarrollo de nuevos productos y servicios, a fin de validar el progreso con el cliente y verificar especificaciones técnicas de producto, recomendaciones técnicas, e informes asociados con el desarrollo, entre otros.

4.1.8.2. El Riesgo: Indicador del nivel de rigor para integración, verificación y validación

Algunos productos son clasificados como vitales para uso con, y beneficio de personas (*human-rated*), lo que implica que deben funcionar sin fallas puesto que se pone en juego vidas humanas. Otros productos se basan en proyectos de bajo riesgo que responden rápidamente a una necesidad o una idea. Las consecuencias de que estos proyectos de menor riesgo no funcionen bien son menos serias que en los proyectos para el desarrollo de soluciones vitales.

Los proyectos de desarrollo de soluciones de alto riesgo, con factores típicos de dificultad como: el desarrollo de productos vitales, productos de alta complejidad o nivel de innovación, los que requieren un alto nivel de experiencia, los que involucran un número considerable de recursos complejos de coordinar, o los que requieren el uso o desarrollo de herramientas sofisticadas, entre otros; obligan a tomar el camino del proceso riguroso de integración, verificación y validación, que toma tiempo y recursos considerables.

Es importante entonces, comprender el perfil del riesgo del proyecto y contrastarlo con la oportunidad que se persigue. Luego, esta relación de recompensa versus riesgo será quien conduzca las decisiones sobre el rigor de los procesos de integración, verificación y validación en del desarrollo. Igualmente, la filosofía y el perfil de riesgo asumido por la organización, determinan cuáles actividades en estos procesos son necesarias realizar.

Como se verá en la *Etapa 1 de Alcance*, el escalamiento del PDP se debe realizar con base en la evaluación de diferentes factores de riesgo, considerados críticos por las organizaciones involucradas, que permitan ajustar dicho nivel de rigor a las necesidades del proyecto, dando como resultado las condiciones necesarias para tener en cuenta en la planificación de la fase de desarrollo de la solución.

4.2. ETAPA 0 – DESCUBRIMIENTO



La *Etapa 0 de Descubrimiento* tiene como objetivo principal lograr la aprobación para comenzar un proyecto de desarrollo de un nuevo producto o servicio que solucione un problema o satisfaga una necesidad identificada. Comprende una serie de actividades básicas, considerando el proceso de planeación estratégica, selección de proyectos e identificación de disponibilidad de recursos. Las actividades para proponer un proyecto de desarrollo en esta etapa, suelen darse de forma iterativa, ya que es común que las realidades de programación de recurso y presupuesto obliguen a reevaluar y reenfozar prioridades periódicamente ([9][61][66]). Para el ICIPC, esta Etapa se desglosa en varias actividades principales, como se describe a continuación.

4.2.1. Actividades de la Etapa

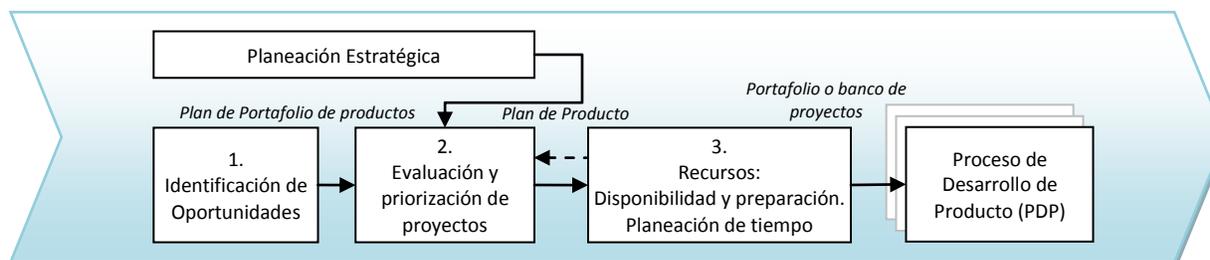


Figura 27. Relación de actividades clave dentro de la *Etapa 0 de Descubrimiento* en el PDP.

Para emprender cualquier proceso de desarrollo de una nueva solución técnica (producto o servicio), la organización se debe basar en planeación estratégica existente, en la cual se da lugar a un plan de portafolio con el que se establece la directriz de trabajo en la *Etapa 0* del PDP. La motivación para planear y emprender un proceso de desarrollo de un nuevo producto surge de oportunidades de diversas fuentes como: Investigación y Desarrollo (I+D), la vigilancia tecnológica, la conciencia por la innovación y la sostenibilidad, los clientes, los equipos de desarrollo actuales, sugerencias de marketing, la referenciación competitiva o evaluación comparativa (*benchmarking*), políticas y regulaciones, entre otras.

De estas oportunidades, la organización construye un banco de proyectos, trazando sus respectivas líneas de tiempo estimadas para el desarrollo y la planeación de recursos en cuanto a adquisición, preparación, formación de competencias y disponibilidad (*Technology Roadmap*).

La *Etapa de Descubrimiento*, se adapta para proyectos de desarrollo en el ICIPC enmarcados en dos contextos:

- 1) El desarrollo de soluciones que nacen de la planeación estratégica del interior de la Institución y se orientan a su público objetivo –Iniciativa del ICIPC.
- 2) Proyectos de desarrollo de nuevos producto de forma acompañada para clientes industriales con una necesidad determinada y que buscan satisfacer un mercado objetivo. En este caso, donde la iniciativa es del cliente, el ICIPC típicamente no aborda ciertas actividades de pre-desarrollo, como la planeación estratégica del producto o el análisis de mercado, pues se asume realizada por el cliente.

Actualmente en el ICIPC, el desarrollo de nuevas soluciones en forma de productos tangibles ocurre más comúnmente bajo el segundo contexto de acompañamiento al cliente, que se articula con la necesidad concreta de desarrollar una solución que partió de alguna planeación propia (una necesidad, una estrategia, etc.). En este

contexto, la presente etapa se puede entender como la *Etapa de Diagnóstico*, y parte entonces de la necesidad particular manifestada por el cliente. El ICIPC realiza un diagnóstico del estado del desarrollo y madurez de la idea a partir de toda la información de entrada existente. Con esto se determina la calidad de actividades realizadas, se identifican las pendientes y se valora la madurez del desarrollo, ubicándolo dentro del PDP. Dicho diagnóstico es importante también para estimar el nivel de riesgo de desarrollo asociado y ayudar en la negociación del trabajo requerido para la siguiente Etapa.

Cuando se trata del caso de soluciones que nacen desde el ICIPC, buscando llevarlas a un público objetivo, esta etapa toma como base el portafolio de soluciones o banco de proyectos administrado por la organización. En este caso se habla de proyectos de desarrollo enmarcados en el contexto de iniciativa del ICIPC.

De esta forma, se pretende que el PDP del ICIPC no solo sea válido para el desarrollo de nuevas soluciones internas, sino también, para el acompañamiento en el desarrollo de nuevas soluciones de los clientes para su respectiva necesidad o mercado. En ambos casos, la *Etapa 0* se enfoca en validar la idea o la oportunidad a fin de comenzar a determinar la justificación del proyecto y cuantificar el riesgo.

Cabe aclarar que en el contexto de desarrollo bajo la iniciativa del cliente, éste puede ser una empresa o persona particular con su necesidad claramente definida, o también los términos de referencia de una convocatoria de innovación, por ejemplo del Estado (ej. Colciencias). Aquí, la necesidad y las especificaciones pueden estar, adecuadamente definidas, o bien, están pendientes y es necesario identificar la necesidad, definir el problema, reconocer las oportunidades tecnológicas, ambientales, financieras (co-ejecución con la industria), etc., y establecer las especificaciones del producto. Por estos motivos, las decisiones de planeación tomadas en la *Etapa de Descubrimiento* son indispensables para establecer objetivos y alcance de los proyectos.

4.2.1.1. Identificación de Oportunidades

La primera actividad en la *Etapa 0 de Descubrimiento* es la identificación de oportunidades para el desarrollo de soluciones a manera de productos o servicios. Las oportunidades pueden estar enfocadas en cualquiera de los cuatro tipos de proyectos de nuevos productos mencionados en la Sección 2.1.

Las oportunidades captadas en este paso se entienden como ideas para un nuevo producto o servicio en estado embrionario, es decir, la percepción de una nueva necesidad, una nueva tecnología descubierta, o un enlace burdo entre una necesidad o problema y una posible solución. Se reconoce que es natural que en las fases iniciales de una idea, la certeza de éxito en el futuro es baja, de manera que en este contexto se puede entender una *oportunidad* como una hipótesis de cómo se podría generar valor.

Dentro de las técnicas más empleadas para identificación de oportunidades que se aplican en el ICIPC, están los estudios preliminares de estado del arte, la vigilancia u observancia tecnológica, y la interacción con comunidades científicas, tecnológicas, académicas e industriales (congresos, seminarios, coloquios, ferias, etc.).

Un estudio de estado del arte implica un levantamiento detallado de información relevante y asociada a la nueva solución o necesidad, a fin de ayudar a mitigar diferentes factores de riesgo, o potencializar áreas de oportunidad asociadas a una solución, su desarrollo y/o su comercialización. Debido al nivel de trabajo y tiempo que esta actividad requiere, se realiza a profundidad dentro de la *Etapa 2 de Caso de Negocio* (Sección 4.6.2.5). Aun así, en las Etapas 0 y 1, un sondeo rápido y preliminar del estado del arte, comienza a ayudar a identificar oportunidades y riesgos. A medida que se van realizando las etapas de la fase de pre-desarrollo (Etapas 0, 1 y 2), el estudio del estado del arte se va complementando, enfocando y especializando.

Adicionalmente, durante la realización de estudios de estado del arte en otros proyectos, el investigador puede identificar aquellos aspectos de oportunidad que le pueden beneficiar para un nuevo proyecto, contribuyendo así al banco de ideas y proyectos de nuevos productos y servicios.

Así mismo, la vigilancia u observancia tecnológica se realiza con el fin de conocer últimos avances tecnológicos, tendencias de innovación, nuevas regulaciones y oportunidades de mercado, entre otros. Existen guías estandarizadas con recomendaciones y consideraciones para un levantamiento de estado del arte y realización de vigilancias tecnológicas y de innovación. Entre ellas se encuentran: el *Manual de Oslo* [32], que establece

lineamientos para recolectar e interpretar información sobre innovación; y la norma técnica *UNE166006* [33] para la gestión de la I+D+i (sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva).

Por otro lado, poco a poco las empresas han venido identificando una rica fuente de nueva información y tendencias [32][71]. Estas son las compañías consultoras en ingeniería (*Consulting Engineering Firms*, CEFs), las cuales, por el hecho de estar articuladas con varias organizaciones mediante relaciones estratégicas, académicas, investigativas y comerciales, están normalmente al frente del conocimiento de las necesidades y nuevas soluciones que salen, o se preparan para salir, al mercado. Por esto, es importante para el ICIPC reconocer el importante rol que juega en el medio industrial, tanto nacional como internacional, y esto exige entender la responsabilidad que debe cumplir en este ámbito, promoviendo e impulsando la innovación. Por otra parte, el apoyo ofrecido por algunas CEFs, incluyendo el ICIPC, a la industria, no se restringe solo a la identificación de nuevas ideas y tendencias, sino que también puede abarcar todo el espectro del NPD, desde la conceptualización, hasta el acompañamiento en el desarrollo y la implementación.

Además de las técnicas anteriores, las oportunidades o ideas, pueden provenir de diferentes frentes de la organización (empleados, proveedores o clientes) y ésta debe estar en capacidad de captarlas, registrarlas y considerarlas. El uso de un sistema informático integrado donde se puedan registrar las ideas y lecciones de proyectos pasados para ser capitalizados en el futuro, es un ejemplo de técnica para la captación y registro, aunque una simple hoja de Excel administrada adecuadamente puede servir de repositorio con breves descripciones de cada idea.

Particularmente en el ICIPC, como se mencionó en la Sección 2.4, los espacios disponibles en el *Sistema de Gestión de Conocimiento –SIGEC*, basado en *Microsoft SharePoint*, ofrecen la posibilidad de adaptarse según las necesidades de cada proyecto, incluyendo la creación de blogs para la discusión de temas relacionados, listas de tareas, librerías de documentos asociados al proyecto, etc. Es posible así disponer de una lista de ideas, administrada por la dirección, donde se registran los aportes de los diferentes integrantes de la organización en su participación en diferentes proyectos.

En esencia, la oportunidad para una nueva solución (producto o servicio) normalmente se expresa en menos de una página, incluyendo un título, una breve descripción y posiblemente un bosquejo conceptual de producto. Para clasificar las ideas u oportunidades existen muchas maneras. Una forma conveniente se basa en las dos dimensiones de clasificación de nuevos productos sugerida por el *Product Development and Management Association –PDMA* [3][11], mencionadas en la sección 2.1. Dichas dimensiones, bajo el contexto de la actividad de identificación de oportunidades se entienden como:

- El nivel de familiaridad que el grupo de desarrollo tiene con la solución potencial.
- El nivel de familiaridad que el grupo de desarrollo tiene con la necesidad que la solución busca satisfacer.

Para organizaciones como el ICIPC, enfocadas en generar soluciones tecnológicas, estas dimensiones también se pueden entender como el conocimiento de la tecnología y el conocimiento del mercado.

Clasificar las oportunidades resulta conveniente, ya que el nivel de riesgo en desarrollo de la solución en el mercado aumenta en la medida en que la idea se aleja de lo que el grupo de trabajo ya conoce.

Steven Eppinger [11] y Robert Cooper [9] recomiendan técnicas comúnmente empleadas por empresas líderes, para identificación, valoración y priorización de oportunidades según el nivel de valor y de riesgo. Algunas de estas se pueden llevar a cabo según la naturaleza y complejidad del proyecto particular.

Finalmente, no se debe perder de vista que la estrategia de innovación y tecnología de la organización es un prerrequisito para la efectiva identificación de oportunidades, pues define los campos de búsqueda y ayuda a validar las nuevas ideas.

4.2.1.2. Evaluación y Priorización de Proyectos

Si se gestiona correctamente, el embudo de oportunidades puede recoger una cantidad considerable de ideas durante un año. Algunas de estas oportunidades pueden no tener sentido en el contexto de las otras actividades de la organización, y en algunos casos, pueden resultar tantas ideas que la organización no alcanza a desarrollar al

mismo tiempo. El segundo paso en el proceso de descubrimiento de ideas y planeación de productos se basa entonces en seleccionar aquellos proyectos más viables y pertinentes, o sea, los más estratégicos.

Existen esencialmente dos formas fundamentales de ganar en el desarrollo de nuevos productos y servicios. Una forma es *Realizando los Proyectos Correctos*, la otra forma es *Realizando los Proyectos Correctamente*. Para realizar los proyectos correctos se requiere entender cómo seleccionarlos y cómo gestionar el portafolio (Sección 4.1.7). Por otra parte, para realizar los proyectos correctamente se requiere entender cómo gestionar el proceso de innovación. La práctica del PDP ayudar a conducir ambos objetivos.

El uso de hojas de puntuación o *Scorecards*, como la que se presenta en la Sección 4.1.2.6, facilitan la evaluación del proyecto con base en los criterios claves para la organización. Así, con el fin de ayudar a seleccionar y priorizar las oportunidades, desde un punto de vista cualitativo, se sugieren cuatro perspectivas básicas para evaluar la pertinencia de los proyectos [11]:

1. Pertinencia desde la Estrategia competitiva

La estrategia competitiva de la organización define el acercamiento básico a los mercados y los productos respecto a los competidores. La selección de cuáles oportunidades perseguir se puede guiar por esta estrategia. Dentro de las posibles estrategias competitivas en que el ICIPC puede enfocarse están: liderazgo tecnológico; enfoque al cliente; apropiación, adopción y seguimiento de tendencias, entre otros.

En el ICIPC, los proyectos de desarrollo de productos y servicios deben apuntar a la estrategia competitiva definida en el proceso de planeación estratégica de la organización a cargo de la dirección.

2. Pertinencia desde el segmentación de mercado

Es útil considerar que los clientes pertenecen a diferentes segmentos de mercado. Dividir el mercado en segmentos le permite a la organización considerar las acciones de la competencia y la fuerza en los productos propios existentes, con respecto a cada uno de los grupos de clientes claramente definidos.

Dentro de los segmentos de mercado a los que el ICIPC apunta, se encuentran las pequeñas, medianas y grandes empresas en el sector de plásticos y caucho que requieren servicios técnicos especializados para el desarrollo de productos, la capacitación, las pruebas de laboratorio, la asesoría y la consultoría especializada. Es a estos segmentos, y otros que se reconozcan dentro del plan estratégico, a los cuales se deben enfocar los esfuerzos y recursos, en particular aquellos para proyectos de desarrollo de productos.

3. Pertinencia desde las trayectorias o rutas tecnológicas

En negocios con enfoque intensivo en tecnología como el ICIPC, un factor clave en el proceso de planeación de productos es determinar cuándo adoptar una nueva tecnología en una línea de soluciones. El trazado de la ruta tecnológica (*Technology Roadmap*) de la organización, es una técnica útil para coordinar el desarrollo tecnológico con los objetivos de la planeación de productos y servicios. Esta es una manera de representar la disponibilidad esperada y uso futuro de varias tecnologías relevantes al producto o servicio considerado.

El ICIPC debe abordar proyectos en los cuales el reto tecnológico se alinee y sea pertinente con la trayectoria de tecnología establecida al interior de la organización para sus servicios.

4. Pertinencia desde plataformas de productos o servicios

Como se mencionó en la Sección 2.1, la plataforma de producto es un conjunto de activos compartidos a través de varios productos o servicios. Por ejemplo, en el ICIPC, una plataforma de servicios tecnológicos existente es el laboratorio, de donde se ofrece una gran variedad de servicios que comparten recursos tecnológicos, físicos y humanos, que aplicables a diversas necesidades y mercados. Una plataforma efectiva como ésta debe facilitar entonces la creación de nuevas soluciones derivadas y orientadas a diferentes segmentos de mercado.

Puesto que el desarrollo de una nueva plataforma puede tardar mucho más que el desarrollo de productos derivados, un factor clave de decisión en esta etapa es determinar la viabilidad de que el proyecto de la nueva solución se base en crear un producto o servicio derivado de una plataforma existente, o busque construir la nueva plataforma como tal.

Las decisiones sobre plataformas de producto en el ICIPC, deben estar estrechamente relacionadas con los esfuerzos de desarrollo tecnológico de la organización, y con las decisiones sobre cuáles tecnologías emplear en los nuevos productos o servicios.

4.2.1.3. Disponibilidad de Recursos y Planeación de Tiempo

Es probable que la organización no esté en capacidad de invertir en todas las oportunidades de desarrollo de producto definidas para el portafolio balanceado en un tiempo determinado. En la medida en que se asignan tiempos y recursos para más proyectos promisorios, éstos comienzan a competir por los recursos. Como resultado, la labor de asignación de recursos y planeación de prioridades de tiempo, casi siempre obliga a regresar al paso anterior de evaluación y priorización para filtrar los proyectos a seguir. Adicionalmente, durante la asignación y planeación de recursos, la organización debe identificar si está en riesgo de sobre-asignación, implicando que la planeación inicial también considere la incorporación de recursos adicionales necesarios.

Según la tipología del proyecto del ICIPC, cuando los proyectos son propios, es relativamente más fácil regresar al paso anterior de priorización para seleccionar aquellos que sean más importantes y prioritarios. Sin embargo, cuando se trata de proyectos contratados por el cliente, y se establece un compromiso de trabajo, se mas difícil reprogramar la prioridad del proyecto con relación a otros. Aun así, cuando los recursos necesarios dejan de estar disponibles, es necesario re-priorizar el proyecto , y en conjunto con el cliente, buscar pactar una nueva fecha de entrega.

Por otro lado, la definición cronológica del proyecto (*Project Timing*) en relación con otros proyectos, debe considerar un número de factores, en los que se incluyen:

- ***Sincronización de introducción de productos:***

Generalmente, mientras más pronto es llevado al mercado un producto o servicio, mejor. Sin embargo, el lanzar un producto antes de que sea de calidad adecuada puede afectar la reputación de la organización.

En muchos proyectos de desarrollo del ICIPC, como aquellos articulados con Colciencias, los momentos claves de desarrollo y lanzamiento se deben sincronizar conforme a las fechas en que se hacen disponibles los recursos de apoyo.

- ***Disponibilidad tecnológica (technology readiness):***

El nivel de robustez de la tecnología requerida juega un papel crítico en el proceso de planeación. Una tecnología disponible, robusta y probada puede ser integrada en productos y servicios mucho más rápida y confiablemente.

- ***Disponibilidad de mercado (market readiness):***

La secuencia en la introducción de productos al mercado determina si los usuarios que adoptan temprano, comprando productos de primera generación y bajo nivel, estarían dispuestos a descartarlos y actualizarse, o si prefieren comprar productos de alto nivel ofrecidos a un alto precio inicial. Cuando las empresas liberan muy frecuentemente al mercado actualizaciones y mejoras en un producto, pueden frustrar a clientes que buscan estar al día; por otra parte, al liberar nuevos productos muy esporádicamente, se arriesga que la organización se retrase frente a la competencia.

Típicamente, esta será una preocupación del cliente que contrate el acompañamiento del ICIPC en el desarrollo de su producto. En algunos de estos casos, el ICIPC puede sugerirle al cliente considerar este factor en el lanzamiento de su producto buscando una mayor probabilidad de éxito. No obstante, el ICIPC no se compromete a estudiar este criterio, a menos que se trate de un desarrollo propio y sea importante entender si el momento en que se haría el lanzamiento es adecuado. Por ejemplo, en el desarrollo de herramientas de software especializadas, servicios de laboratorio, programas de capacitación, u otros.

- ***Competencia:***

La salida temprana de productos de la competencia puede también acelerar la secuencia de desarrollo de proyectos.

Al igual que en el punto anterior, el cliente que contrata el acompañamiento del ICIPC, se encarga de evaluar el lanzamiento de su producto en relación con la competencia que él tenga, en tanto que el ICIPC solo tendrá este factor en cuenta cuando busca lanzar un producto o servicio propio.

Una de las razones por las cuales se creó en el ICIPC la Plataforma Técnico Administrativa (PLATEA) como herramienta ERP (*Enterprise Resource Planning*), es para poder llevar a cabo la asignación y gestión eficiente de los recursos en cada proyecto. Esta plataforma, entre otras funcionalidades, permite determinar la ocupación y disponibilidad por determinados periodos de tiempo, de varios recursos necesarios para los proyectos de desarrollo, entre ellos: el personal de trabajo, el dinero, y los equipos e infraestructura. De esta manera, el ICIPC es consciente de las realidades de los recursos finitos.

Mediante PLATEA, se realizan estimados sobre recursos requeridos en cada periodo para poder comparar con los recursos disponibles y calcular indicadores como la tasa de capacidad de utilización (demanda/capacidad), y utilización por tipos de recursos. Donde la utilización exceda el 100%, no habría recursos suficientes para ejecutar los proyectos en el tiempo planeado. Es recomendable que en lo posible, la tasa de capacidad de utilización esté con una tolerancia, debajo de 100%, para poder responder a contingencias y habilitar la capacidad de respuesta.

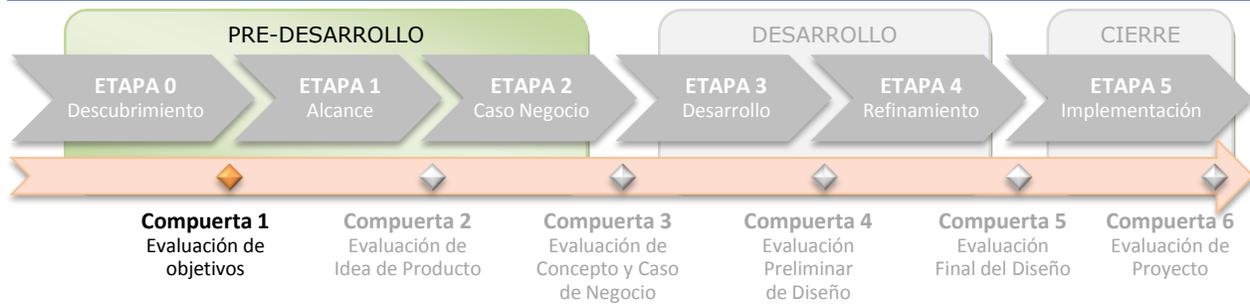
Respecto a la planeación de los proyectos de desarrollo, es importante entender que cuando una empresa no realiza una labor juiciosa de planeación, se presentan problemas típicos de ineficiencia. Algunos de estos problemas se han identificado y corregido en organizaciones de talla mundial:

- Un cubrimiento inadecuado del mercado con soluciones competitivas.
- Oportunidades de mercado perdidas o disminuidas por lanzamiento o entrega tardía.
- Desproporción entre el número de proyectos abordados y la capacidad de respuesta para el desarrollo.
- Distribución pobre de recursos, con algunos proyectos sub-apoyados y otros sobre-apoyados.
- Iniciación y posterior cancelación de proyectos mal concebidos.
- Cambios frecuentes en la dirección de proyectos.

Por último, en esta actividad también se busca establecer un estimado muy preliminar de plan de proyecto para la ejecución. Una propuesta de plan ayudará a mejorar la posibilidad para que el grupo evaluador apruebe el inicio del proyecto en la compuerta. Es claro, sin embargo, que el plan de proyecto estará cambiando en la medida que el desarrollo progresa, de cualquier forma, es útil que el plan incluya los siguientes aspectos:

- Duraciones estimadas de cada fase.
- Tipos de recursos y duraciones de disponibilidad aproximadas para el desarrollo potencial del proyecto.
- Métodos para implementar y/o producir las soluciones del proyecto.
- Identificación de los elementos significativos de trabajo.
- Planes de contingencia preliminares para elementos particulares del proyecto.
- Identificación de elementos que puedan ayudar a apalancar y optimizar el desarrollo del proyecto.
- Una propuesta de desglose de actividades macro, con base en las etapas y compuertas del PDP.
- La identificación de los entregables esenciales en cada fase.

4.3. COMPUERTA 1 – Evaluación de objetivos



En esta compuerta, la pregunta clave es *¿Cuál es la oportunidad o el problema?*

Es importante comenzar a establecer y demostrar, de manera preliminar, la necesidad del cliente, la oportunidad o el problema a solucionar; y presentar los principales implicados (*stakeholders*) y sus requerimientos, que habilitarían y justificarían un caso de negocio para el desarrollo.

En caso de iniciar un proyecto de acompañamiento, después de terminar el diagnóstico en esta compuerta se presenta al cliente la oferta de trabajo para dar inicio a la negociación de etapas en el desarrollo.

Especialmente, pero no solo para proyectos de baja complejidad, conducidos con un PDP escalado “*por fases*” o por uno “*simplificado*”, como se esquematizó en la Figura 25 de la Sección 4.1.6, es práctico el uso de una matriz de revisión o *scorecard*, como la mencionada en la Sección 4.1.2.2, para la evaluación del proyecto en esta Compuerta 1.

4.3.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Declaración preliminar de la necesidad, problema u oportunidad.
- Lista preliminar de beneficiarios y partes implicadas en el desarrollo y uso del producto.

4.3.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Plan preliminar de proyecto.
- Propuesta preliminar de grupo de trabajo.

4.4. ETAPA 1 – ALCANCE



La motivación para la *Etapa 1 de Definición de Alcance* en el PDP es invertir un poco más, generar un poco más de información, a fin de evaluar nuevamente el proyecto a la luz del nuevo conocimiento. Parte de esta nueva información es averiguar las necesidades del cliente y verificar si realmente existe potencial en lo que posiblemente el grupo de desarrollo percibe como una oportunidad en forma de una necesidad aparente en el mercado.

Al igual que en la etapa anterior, la inversión en ésta debe ser relativamente baja. La Compuerta 1, que da paso a esta etapa, es apenas una luz verde donde la organización y los clientes externos e internos autorizan una cantidad de recurso limitado adicional, para que el grupo de desarrollo proceda a ejecutar una serie de actividades, en un plazo definido de tiempo, y vaya a la reunión de Compuerta 2 con un poco más de información para una revisión más detallada del proyecto.

En esta etapa se pretende determinar el alcance para el proyecto de desarrollo del nuevo producto y sus méritos, desde el punto de vista de la nueva información en varios aspectos: técnicos, de mercado y financieros, entre otros. Se revisa también si la información adquirida soporta la coherencia del proyecto con el plan estratégico de la organización; se identifican todos los beneficiarios e implicados en con el producto, y se comienza a articular al usuario en el proceso de desarrollo.

Al finalizar esta etapa, debe quedar establecida una propuesta de los criterios de verificación de cumplimiento de los objetivos, buscando claridad desde el principio del proyecto sobre cómo se evaluarán los resultados al final del desarrollo. Estos criterios podrían ser modificados durante el proyecto según sea necesario, como respuesta a cambios autorizados. Sin embargo, si estos criterios de verificación de cumplimiento se aplazan para ser definidos al final del proyecto, es muy factible que se corra un alto riesgo en no lograr los objetivos. Mientras más detallada sea la definición del alcance del proyecto al inicio y se haga la tarea de pre-desarrollo juiciosamente, más baja será probabilidad de sorpresas al final.

En proyectos para los cuales se busca recurrir a capital de financiamiento externo para el desarrollo e implementación del producto, por ejemplo, a través de la participación en convocatorias del Estado para el desarrollo tecnológico (Colciencias, SENA, etc.), es recomendable haber cumplido las actividades de ésta y la siguiente etapa de la fase de pre-desarrollo, y haber logrado un nivel de madurez suficiente para reducir el riesgo en asumir la responsabilidad de los compromisos y obligaciones ligadas a tales financiamientos.

4.4.1. Actividades de la Etapa

Esta etapa conduce las actividades descritas a continuación. Aunque no todas son obligatorias según el tipo de proyecto de desarrollo (y su estado de madurez cuando se recibe el proyecto de un cliente), la calidad con que se ejecuten contribuye en gran medida a mitigar el nivel de riesgo. Por eso estas actividades son importantes en el pre-desarrollo y se recomiendan para proyectos de desarrollo de productos tangibles e intangibles.

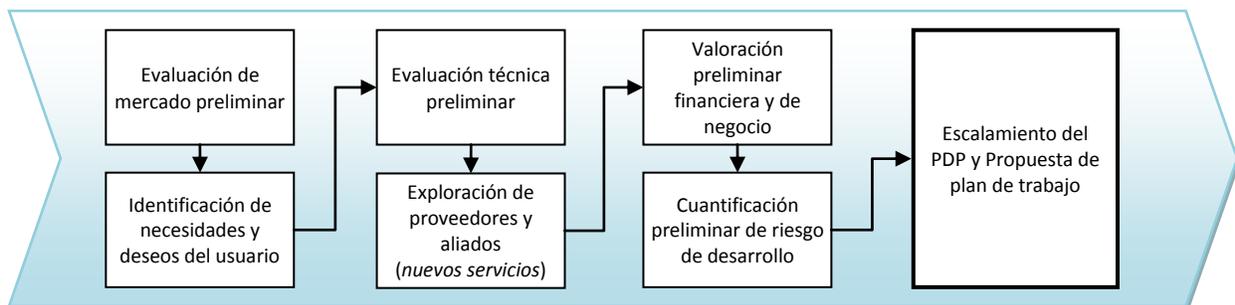


Figura 28. Relación de actividades clave dentro de la Etapa 1 de Alcance en el PDP.

4.4.1.1. Evaluación de mercado preliminar

Esta actividad sugiere un trabajo de bajo costo, simple y rápido, de estudiar el mercado. El propósito es determinar mediante un estudio de pre-factibilidad de mercado si la solución propuesta tiene alguna prospectiva comercial. Algunos frentes de trabajo en esta actividad son:

- *Valorar si el mercado es atractivo desde varios puntos de vista como: segmento, tamaño y velocidad de crecimiento, ubicación, necesidades e intereses, cultura, etc.*
- *Identificar productos y servicios existentes similares, y sus formas de realizarse y configurarse.*
- *Estimar la aceptación del producto.*
- *Identificar riesgos y oportunidades asociados al mercado como: características de la situación competitiva, velocidad de cambio, regulaciones, tendencias, actividad inventiva y panorama de propiedad intelectual.*
- *Considerar panorama local e internacional (políticas, economías, exportaciones, operaciones, etc.).*

Dadas las limitaciones en costo y tiempo para este estudio, no debe ser muy profundo, más bien, un trabajo de detección empleando recursos fácilmente accesibles y de “segunda mano”, o sea, a través de fuentes externas no directamente relacionadas con el proyecto: publicaciones hechas por grupos de investigación, entidades regulatorias o gubernamentales, ferias y asociaciones, gacetas y bases de datos de propiedad intelectual, entre otros. También es una buena práctica contactar usuarios potenciales o grupos de interés para el intercambio rápido de información.

En caso de un desarrollo contratado por un cliente, él deberá suministrar los resultados pertinentes a esta actividad, ya que él debe conocer mejor su producto y mercado, y el ICIPC no se concentra en este tipo de estudios. En el caso de desarrollo interno de nuevos servicios, el ICIPC deberá abordar esta actividad o subcontratarla dependiendo del proyecto, a fin de reducir el riesgo en este aspecto.

A continuación se sugieren algunas fuentes de bajo costo que se pueden consultar para información valiosa de mercado:

- **Búsqueda en Internet:**

Existe una infinidad de información en la web, pero es necesario aprender cómo buscar y en qué fuentes confiar. La búsqueda debe realizarla alguien con habilidad de analizar la información y rápidamente filtrar para encontrar los elementos de valor.

Una forma de facilitar la consecución de información es mediante la suscripción a grupos de noticias (*newsletters*, *RSS feeds*) de entidades que continuamente realizan vigilancia tecnológica y de mercados, como revistas, catálogos, proveedores, noticiarios, etc.

Hoy en día también, el uso de redes sociales se ha convertido en una técnica importante para el contacto directo y rápido con grandes cantidades de personas, empleando herramientas como encuestas, contribuciones masivas distribuidas (*crowdsourcing*) para la solución a problemas, recolección de opiniones, y comentarios a fotos, imágenes, etc. Existen redes sociales de diferentes categorías, dedicadas al ámbito profesional y técnico, al igual que a la interacción casual. El uso adecuado de estas redes ayuda a levantar

rápida gran cantidad de información muy segmentada de mercado. Muchas compañías innovadoras han venido aprovechado estas herramientas para mejorar y promocionar sus productos, participar colectivamente al consumidor en el proceso de desarrollo, y conocer necesidades y quejas de los usuarios para encontrar potencial de nuevas soluciones para el mercado.

- **Uso de bibliotecas:**

Las bibliotecas de las universidades y entidades del Estado muchas veces ya han hecho un trabajo de filtrado de la información y ponen a disposición del usuario material relevante y actualizado. Además se facilita el acceso a suscripciones de revistas indexadas y otros materiales.

- **Reportes de investigación internos:**

En compañías de gran trayectoria existen numerosos reportes y estudios realizados anualmente: encuestas a usuarios, encuestas de satisfacción, estudios de la industria, etc. Con frecuencia, la información que se requiere se encuentra dentro de estos informes. Cuando la organización cuenta con un sistema de gestión de conocimiento, se facilita la búsqueda y el acceso a la información relevante. Con el SIGEC del ICIPC adaptado en Microsoft SharePoint, una persona con los permisos adecuados pueda recabar información interna relevante para su proyecto.

- **Ferias, eventos y visitas a puntos de venta:**

Las ferias y eventos de difusión son una excelente oportunidad para conocer, en un mismo escenario, los avances de diferentes compañías, y percibir tendencias y frentes de trabajo. Adicionalmente, se puede interactuar y establecer contactos directamente con usuarios finales, usuarios intermedios y otros miembros de la cadena productiva, incluyendo diseñadores, proveedores y comercializadores. Por otra parte, cuando se evalúan productos tangibles para el consumidor final, visitar los puntos de venta que son reconocidos por estar a la vanguardia, también es una oportunidad valiosa para conocer nuevos productos, compararlos desde varios puntos de vista como: la funcionalidad, la promoción y el mercadeo, el precio, la respuesta del cliente, etc.

- **Clientes especiales:**

La Etapa 1 es un poco prematura para una encuesta detallada de una amplia muestra de usuarios, pero los comentarios de un número selecto de clientes de confianza pueden ser de gran valor en este punto, y es preferible el contacto directo con ellos en una conversación no necesariamente estructurada.

- **Grupos de interés:**

Participar y/o coordinar grupos de interés con clientes selectos, mediante reuniones esporádicas o a través de Internet (ejemplo, en redes sociales, foros, etc.), resulta en una forma de bajo costo para reconocer necesidades, deseos y preferencias. Además, delegando tareas y aportes a los diferentes miembros donde todos se benefician de los resultados, reduce el costo del trabajo de investigación.

- **Publicidad de la competencia:**

Es importante conocer la actividad promocional de la competencia e información de sus productos. Se debe conocer lo que promueven de sus productos, elementos diferenciadores, características de desempeño; así como también, reconocer las estrategias de posicionamiento en el mercado y de precio, que llevan a cabo.

- **Personal interno de la organización:**

Captar comentarios y opiniones de los empleados de la organización, especialmente los que interactúan con los clientes y conocen aspectos del mercado. Ellos son los ojos y oídos de la compañía y con frecuencia pueden suministrar información valiosa acerca de los hábitos de los clientes, sus gustos o molestias, en adición a posible información de la competencia.

- **Instituciones de investigación y consultoría:**

Algunas instituciones de investigación a nivel nacional e internacional, algunas del sector público y otras del sector privado, con frecuencia publican reportes de investigación donde se incluye información colectiva de la industria y el sector. Dentro de estos centros se pueden mencionar algunos como: el Instituto Fraunhofer, *The Madison Group*, el ICIPC, Tecnova, los centros de investigación de la de la Universidad EAFIT, de la Universidad Nacional de Colombia, de la Universidad de Antioquia, el CES, la Escuela de Ingeniería de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana, los Andes, la Universidad ICESI, el CiB (Centro de Investigaciones Biológicas), etc.

- **Entidades gubernamentales o estatales:**

En muchos países, las entidades gubernamentales son una rica fuente de información para evaluar el mercado de un nuevo producto. En Colombia, entidades como Colciencias, la Cámara de Comercio, el SENA, Ruta N (Alcaldía de Medellín), y otras, trabajan directamente con las empresas, conocen sus necesidades y ponen a disposición recursos y datos relevantes para el estudio preliminar de mercado.

- **Expertos Industriales:**

Contratar a un experto de la industria por un corto tiempo y aprovechar su consultoría. Aunque el costo pueda ser elevado, su información y consejo puede ahorrar varias semanas de trabajo.

- **Editores:**

Los editores de revistas industriales en ocasiones pueden suministrar información clave de las tendencias del mercado, y pueden apuntar a reportes, estudios o expertos. Algunos editores tienen un gran conocimiento actualizado de lo que sucede en la industria.

- **Agremiaciones y Asociaciones:**

Algunos sectores industriales tienen excelentes asociaciones y agremiaciones. Los cuales pueden suministrar información muy puntual y de alto valor agregado, tal es el caso del sector de plásticos en Colombia: *Acoplásticos*. Es importante conocer y contactar a personas como la secretaria o presidente de estas entidades para buscar consejo. A nivel internacional una de las asociaciones más reconocidas en el tema de polímeros es la *Society of Plastics Engineers –SPE*.

4.4.1.2. Identificación de necesidades de usuario

La actividad de identificación de necesidades del usuario contribuye de manera práctica a transformar el bosquejo de idea de producto en un diseño conceptual efectivo de la solución. Así, un producto *superior* es aquel que suministra beneficios únicos y perceptibles al usuario, y esto es un factor de éxito primordial en la innovación.

El propósito aquí es abrir el espacio para identificar las necesidades, deseos y preferencias del cliente, entender sus críticas y quejas, problemas (con productos existentes), e interpretar sus comentarios, para entregarle un producto con una proposición de valor contundente basada en los atributos, características, desempeño, e incluso el posicionamiento, que maximice su satisfacción.

Esta actividad sugiere identificar en detalle las necesidades del *usuario o cliente*, entendiendo por éste, cualquier persona en la cadena de valor que interactúe con el producto durante su ciclo de vida (*stakeholders*). Aunque el enfoque principal debe ser sobre el *usuario final*, quien es el que más se beneficia de la propuesta de valor del producto y justifica la estructuración de toda la cadena, no se deben perder de vista tampoco, aspectos relacionados con el ciclo de vida del producto, particularmente la logística y disposición al final de su vida útil, y el impacto al medio ambiente, entre otros.

Los objetivos específicos de la actividad son:

- Identificar los usuarios beneficiados (personas o sistemas) e implicados en el producto.
- Contribuir a asegurar que el producto se enfoca a las necesidades del usuario.
- Identificar las necesidades latentes o escondidas, tanto como las necesidades explícitas.
- Establecer una base de evidencias sobre la cual se justifican las especificaciones técnicas de producto.

- Asegurar que no se omite u olvida ninguna necesidad de usuario en el desarrollo.
- Desarrollar un entendimiento común de las necesidades del usuario en el grupo de trabajo.
- Crear un registro para la compuerta del desarrollo de la actividad.

La filosofía de la actividad es crear un canal de comunicación de alta calidad entre el usuario en el mercado objetivo y los desarrolladores del producto. Esta filosofía se basa en la premisa de que aquellos que controlan directamente los detalles del producto, deben interactuar con los clientes/usuarios, y conocer el ambiente de uso del producto, su interface con otros sistemas (o el beneficio entregado por un servicio). Sin esta experiencia, es probable que las concesiones técnicas no se realicen de manera adecuada, no se alcancen soluciones innovadoras, y el grupo de desarrollo nunca fortalezca un compromiso por satisfacer las necesidades del usuario.

El proceso de identificar e interpretar las necesidades de usuario impacta, en forma directa, actividades de las siguientes etapas, como la generación de diseños conceptuales, la selección del concepto, la referenciación competitiva o evaluación comparativa (*benchmarking*), y la definición de las especificaciones técnicas de producto. De forma indirecta, impacta la viabilidad del proyecto de desarrollo.

Se establece, por tanto, una diferencia entre las *necesidades del usuario* y las *especificaciones de producto*:

- **Necesidades:** Son, en principio, independientes de cualquier producto particular que se pueda desarrollar, y no son específicas al concepto que finalmente se decide madurar. Un grupo de desarrollo debe ser capaz de identificar las necesidades del usuario, sin saber a priori si podrá, o cómo podrá atenderlas.
- **Especificaciones:** Estas sí dependen del concepto de diseño seleccionado que se pretende madurar, y dependerán de: las posibilidades tecnológicas y económicas viables, de conocer lo que ofrece la competencia y de lo que necesita el usuario/cliente (Sección 4.6.2.3).

Identificar las necesidades del usuario, es en sí mismo un proceso, en el cual típicamente se emplean al menos 5 pasos ([11][13][16]):

1. Reunir datos de los usuarios (comentarios, críticas, necesidades, deseos, opiniones).
2. Interpretar los datos en términos de necesidades concretas de usuarios.
3. Organizar jerárquicamente las necesidades en primarias, secundarias, y si es del caso, terciarias.
4. Establecer la importancia relativa entre las necesidades.
5. Reflejar los resultados en el proceso

Durante el desarrollo de un nuevo producto con base en innovación incremental, el uso de un método estructurado para el tratamiento de las necesidades del usuario es recomendado, tanto en el caso en que el usuario puede estar familiarizado con el problema y algunas soluciones; como también en el caso de la innovación radical, donde, si bien el nivel de riesgo asociado puede ser mayor debido a la falta de familiaridad, el nuevo producto satisfará necesidades y ofrecerá beneficios perceptibles al usuario si, previamente y durante su desarrollo, se identificaron e interpretaron sus necesidades, y se le articuló a él en el proceso de desarrollo, evaluando prototipos del nuevo producto y ayudando a optimizar el diseño.

Para poner en práctica esta actividad en proyectos de desarrollo de productos y servicios que nacen en el ICIPC, al igual que en casos de acompañamiento en desarrollos para clientes donde falte esta actividad, esta guía sugiere revisar autores como Cooper [9], Eppinger [11] y Pahl & Beitz [39], quienes describen detalladamente metodologías eficientes y ampliamente aplicadas por empresas de innovación, para realizar estudios de la Voz del Cliente (VoC - *Voice of Customer Studies*), clasificar requerimientos, e interpretar y traducir necesidades en especificaciones técnicas de producto. Sugieren también pasos para llevar esta información a la definición del diseño conceptual del producto o servicio.

A manera de ilustración, se presenta en la Tabla 5 un ejemplo de lista con algunas necesidades de usuario identificadas para el diseño de un nuevo producto (sistema de suspensión de moto). A cada necesidad se le asigna en consenso un nivel de importancia en una escala establecida por el grupo.

Nótese que necesidades generalmente expresadas en “lenguaje del usuario” como, “la suspensión es fácil de instalar”, o que “la suspensión permite descensos a alta velocidad en caminos con baches”, son expresiones con calidad subjetiva; y, aunque proporcionan elementos claves sobre los aspectos que son importantes para el

usuario, no suministran parámetros contundentes sobre como diseñar o llevar a cabo la ingeniería del producto. Por esta razón, el equipo de desarrollo debe traducir estas necesidades y requerimientos en las especificaciones que indiquen con precisión y con detalles medibles, aquello que el producto debe hacer.

Tabla 5. Ejemplo de lista de necesidades identificadas de usuario para la suspensión de una nueva motocicleta.

No.	NECESIDAD	IMPORTANCIA PARA EL USUARIO (1-10)
1	Reduce la vibración en las manos	3
2	Permite un fácil recorrido de terreno lento y difícil	2
3	Hace posible descensos a alta velocidad en caminos con baches	5
4	Permite ajuste de sensibilidad	3
5	Conserva las características de la dirección del vehículo	4
6	Permanece rígida durante curvas cerradas	4
7	Es liviana	4
8	Proporciona puntos rígidos de montaje para los frenos	2
9	Se ajusta a una amplia variedad de vehículos, ruedas y neumáticos	5
10	Es fácil de instalar	1
11	Ofrece buena durabilidad	5
12	Ofrece seguridad durante un choque	5
13	Es asequible a un precio favorable	5

4.4.1.3. Evaluación técnica y tecnológica preliminar

En esta actividad participan personas del área técnica, evaluando el proyecto desde el punto de vista de Investigación y Desarrollo (I+D), Ingeniería, Operaciones y Logística; y se explora conceptualmente la solución desde el punto de vista técnico, con el propósito de determinar una pre-factibilidad técnica del proyecto, y establecer las especificaciones tentativas y objetivos del producto, junto con la identificación de posibles riesgos técnicos.

Teniendo en cuenta que la definición del producto puede aún ser básica en esta temprana etapa, algunas preguntas que conciernen a la pre-factibilidad técnica del producto son:

- *¿Cuáles pueden ser las especificaciones y requerimientos del producto?*
- *¿Cómo pueden ser alcanzadas técnicamente estas especificaciones?, ¿Existe alguna solución técnica a la vista? ¿Se requiere desarrollar nuevos aportes a la ciencia y a la tecnología? ¿Cuál es el tamaño de la brecha tecnológica?*
- *¿Cuáles serían las principales barreras y riesgos? ¿Cómo se pueden gestionar?*
- *¿Se dispone internamente de la capacidad tecnológica o se necesita una alianza estratégica y relaciones con otros para algunas tareas de desarrollo? ¿Cuáles pueden ser las posibles fuentes externas de tecnología?*
- *¿Es posible fabricar o producir el producto (ejecutar el servicio)? ¿Cómo, con qué equipos/infraestructura y a qué costos? ¿Es necesario subcontratar (outsourcing) o conseguir un socio desarrollador? ¿Cuáles socios podrían estar disponibles?*
- *¿Qué restricciones u oportunidades en Propiedad Intelectual existen? ¿Qué tipo de regulaciones y normatividades rigen?*

Nótese que en esta etapa es necesario comenzar a considerar aspectos de transferencia tecnológica y regulatorios de propiedad intelectual. Es importante comenzar a identificar principales actores con las tecnologías relacionadas que estos protegen, el estatus de la protección, las oportunidades y nivel de restricción que poseen. Adicionalmente, es importante comenzar a considerar aspectos de negociación de tecnología y propiedad intelectual, que pueda generarse o involucrarse (licenciamiento) durante el desarrollo [92], si el proyecto lo requiere.

Finalmente, se resalta que en esta etapa, la valoración técnica es rápida, apuntando a aspectos inmediatos que requieren comprobación para que el análisis en detalle en las siguientes etapas pueda proseguir. No es pertinente realizar trabajo de diseño detallado en esta Etapa 1.

4.4.1.4. Exploración de proveedores y aliados

Es importante, especialmente para el caso del ICIPC, reconocer que el aspecto de las alianzas estratégicas, subcontratación, licenciamiento y acuerdos de co-desarrollo, pueden contribuir elementos, no solo importantes y valiosos, sino también indispensables para proyectos de desarrollo de gran escala, la prestación de nuevos servicios, o el desarrollo de nuevos productos.

En esta etapa se debe comenzar a explorar, en forma preliminar, las opciones de *crear* (desarrollar) versus *adquirir* (comprar, licenciar, solicitar o contratar); con lo cual, se comienza a generar una lista proveedores y aliados potenciales para el proyecto. Así mismo, es adecuado aquí comenzar a explorar proveedores y aliados para apoyar el desarrollo y realización de un nuevo servicio.

Según estudios realizados por Robert Cooper [9], cuando se comparan proyectos co-desarrollados con aliados externos versus proyectos realizados internamente en su totalidad, la eficiencia en el desempeño no es un resultado muy sensible. Recomienda tener en cuenta que también hay costos y riesgos asociados a la articulación. Sin embargo, señala que muchos de los proyectos considerados no se hubieran podido realizar de no ser por las competencias y recursos del aliado o contratista, y que se debe ser realista en no asumir que el hecho de articularse será la panacea para el éxito del producto.

Aliarse y articularse con externos es una relación como cualquier otra, algunas son manejables y perduran, otras no. Por eso, cuando se busca apoyo externo para un proyecto de desarrollo de producto, se deben considerar al menos los siguientes tres factores:

1. Asegurarse de que es una situación *gana-gana* para ambas partes.
2. Establecer desde el comienzo, acuerdos para las responsabilidades en el desarrollo, la disposición de recursos y la gestión del riesgo, así como también para la explotación de los beneficios del desarrollo. Nuevamente, los aspectos de negociación de tecnología deben comenzarse a abordar desde temprano, revisándose a lo largo del desarrollo a medida que hay progreso [91].
3. Fomentar una relación de confianza entre los ejecutivos de ambas partes y cumplir responsablemente con los compromisos pactados.

En la *Etapa 3 de Desarrollo*, con el plan de actividades detallado, se continúa el trabajo de articulación con aliados, proveedores y socios, estableciendo los lineamientos para los roles, responsabilidades, expectativas, entregables, cronograma, etc.

4.4.1.5. Valoración preliminar financiera y de negocio

Siguiendo a las actividades anteriores, se realiza un estudio de pre-factibilidad financiera y de negocio. Con estos elementos se traza el razonamiento estratégico y competitivo para el proyecto.

La valoración preliminar financiera se realiza de una forma rápida, con base en datos estimados de la valoración de mercado realizada previamente, y considerando un nivel estimado de aceptación en el mercado, a partir de hipótesis de ventas y escenarios posibles de precio. Con esto, se comienza a verificar la sensatez del proyecto, estimando aspectos para el cálculo de retorno de la inversión y rentabilidad, como el nivel de inversión requerido, los ingresos esperados, el tiempo necesario para recuperar la inversión, etc.

Esta actividad es una en particular que se revisa, complementa y consolida a lo largo del PDP, y cuyos resultados progresivos son importantes en las revisiones de computa.

4.4.1.6. Identificación preliminar de riesgo

En esta etapa se recomienda realizar un ejercicio de identificación y valoración cualitativa de riesgo para el proyecto de desarrollo, siguiendo los lineamientos de la Sección 4.1.4, y practicando algún método para identificar,

priorizar y hacer trazabilidad de riesgos, como por ejemplo el Análisis de Modos y Efectos de Falla FMEA (ANEXO 0), o tablas de valoración de riesgo. Con esto, se inicia el registro de riesgo, donde se identifican y listan todos los posibles problemas en el panorama del proyecto (ver ejemplos de riesgo típicos en ANEXO 9.1 y ANEXO 9.2, o en la base de datos PERIL [49]). Además, se establecen los niveles de prioridad acorde con la severidad del impacto y la probabilidad de ocurrencia para cada evento. Posteriormente, se plantean acciones para mitigar cada riesgo, que una vez aprobadas, se incluyen en el plan de acción de la siguiente etapa.

4.4.1.7. Planeación preliminar

Con la idea de producto, y el panorama de nivel de riesgo del proyecto para su desarrollo, se procede a realizar el escalamiento adecuado del PD, según los lineamientos de la Sección 4.1.6, y los criterios y riesgos críticos que las organizaciones involucradas consideren relevantes. Con esto, se lleva a cabo una actividad de pre-planeación, en la cual un grupo pequeño de trabajo se reúne para establecer a groso modo el alcance del proyecto, las necesidades en insumos e información, la participación del cliente, la tipología de actividades y posibles proveedores y colaboradores. Posteriormente, se refinan los objetivos acordados del proyecto y se desarrolla un cronograma preliminar, estructurado bajo las Etapas y Compuertas del PDP aplicables, con actividades necesarias a ejecutar y los puntos de revisiones críticas de reuniones de Compuerta.

Para la preparación del cronograma de actividades y asignación de recursos, se puede emplear la funcionalidad de programación de actividades de PLATEA, o herramientas como *OpenProject* (gratuita) o *Microsoft Project* para bosquejar diferentes escenarios de plan y administrar el escenario acordado.

Durante la planeación de un proyecto se debe considerar *cómo* y *quién lo lidera*, y *quiénes participarán* en el desarrollo. Se debe establecer un presupuesto para cubrir los recursos humanos necesarios, y si estos hacen falta, buscar formas creativas de apalancar y articular recursos externos de una forma eficiente. Para soluciones radicalmente nuevas, la planeación de presupuesto y cronograma normalmente tiene una vigencia corta y se debe actualizar periódicamente. Por lo menos, para cada reunión de compuerta presentar un cronograma y presupuesto actualizado.

Adicionalmente, en esta actividad se escribe una declaración de la *Visión del Producto o Servicio (Product Vision Statement)*. El objetivo declarado por la visión del producto debe ser general. No es necesario especificar los tipos de nuevas tecnologías a emplear, ni tampoco entrar a definir detalles sobre objetivos o restricciones de funciones como operaciones de producción o de servicio.

Con el fin de suministrar una guía clara para el equipo de desarrollo, se define más concisamente el mercado objetivo y se establecen las suposiciones sobre las cuales todos van a trabajar. Estas decisiones se capturan en la declaración de la *Misión del Producto o Servicio (Product Mission Statement)*. La declaración de la misión del producto puede contener todos o algunos de los siguientes aspectos.

- **Descripción breve del diseño o desarrollo:**

Esta descripción, también conocida como *Brief* de diseño (*Design Brief*), identifica las funciones y características principales del producto o servicio, sin sugerir aun un concepto específico del producto. Puede incluso ser basado en la declaración de la visión del producto. El *Brief* se actualiza y consolida en la siguiente etapa con el diseño conceptual, convirtiéndose en el insumo para crear luego en la siguiente etapa el Pliego de Especificaciones del Producto (*Product Design Specification -PDS*), consolidando y traduciendo en *especificaciones técnicas* de producto las necesidades del usuario. El *Brief* y el *PDS*, son a su vez, registros clave para el direccionamiento del trabajo durante la *Etapas 3 y 4 de Desarrollo, Refinamiento*.

- **Proposición de valor o beneficio:**

Este elemento en la declaración de la misión del producto expresa las razones más importantes por las cuales el cliente compraría el producto o contrataría el servicio. En cierta medida, esta es una hipótesis que será validada con la interacción y comunicaciones con el cliente en la *Etapa 2 de Caso de Negocio*, durante el desarrollo conceptual.

- **Metas claves para el negocio:**

En adición a los objetivos del proyecto, alineados con la estrategia corporativa, estas metas consideran objetivos para tiempo de entrega, costos y calidad.

- **Mercados objetivos para el producto o servicio:**

Pueden existir varios mercados objetivos para el producto o servicio. Este elemento de la declaración de la misión identifica el mercado primario, así como los mercados secundarios (otras localidades, segmentos, etc.) que se deban considerar en el esfuerzo de desarrollo.

- **Partes interesadas (stakeholders):**

Nuevamente importante en esta etapa, una forma de considerar y tener presente la cantidad de sutilezas en el desarrollo, es listando explícitamente todas las partes interesadas o implicadas en el producto o servicio durante su ciclo de vida. Es decir, todos los grupos de personas que podrían estar afectadas por el éxito o fracaso de la solución.

La lista de partes interesadas debe comenzar por el usuario final, quien se beneficia del producto. También debe comprender a los clientes internos e intermedios en el ciclo de desarrollo y de vida del producto, tales como aquellos quienes hacen las ventas, el equipo de servicio post-venta, el equipo de producción o de realización del servicio, etc. Esta lista sirve como recordatorio para el equipo de desarrollo considerar las necesidades de todos los que se influenciarán por la solución.

4.5. COMPUERTA 2 – Evaluación de idea del producto



En esta compuerta, para evaluar la idea del producto, la pregunta clave es *¿Cuáles son las opciones y como se pueden abordar?*

La declaración preliminar de la necesidad, el problema o la oportunidad, lograda en la Etapa 0, ahora se revisa en vista de que se ha debido madurar en la Etapa 1. Se considera que la identificación de necesidades ha terminado, las cuales se traducirán en especificaciones con la propuesta de soluciones potenciales y diseños conceptuales en la siguiente etapa. Así mismo, en esta compuerta se asigna prioridad al proyecto y se toma la decisión sobre el ajuste del tamaño del PDP para el proyecto con base en los resultados de la etapa.

4.5.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Definición finalizada de la necesidad, problema u oportunidad.
- Misión y visión del proyecto (alcance), *brief* de diseño.
- Información preliminar sobre viabilidad de mercado y de negocio, y factibilidad técnica y tecnológica.
- Registros de valoración preliminar de riesgo de producto.

4.5.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Registros de valoración preliminar de riesgo de proyecto.
- Escalamiento del PDP.
- Actualización del plan de desarrollo del proyecto estructurado en un desglose de etapas, compuertas y actividades, con énfasis para la Etapa 2, y estimados para las siguientes etapas.

4.6. ETAPA 2 – DEFINICIÓN DEL CASO DE NEGOCIO



La definición del *caso de negocio* es la última de las tareas esenciales de la fase de pre-desarrollo y el entregable principal para la Compuerta 3. Además, es la etapa donde se realiza el *Prediseño*, previo a comenzar a realizar el trabajo riguroso de desarrollo de ingeniería. Adicionalmente, es tal vez la etapa más costosa y compleja de la fase, por consiguiente, la más crítica y con la que se puede impulsar o suspender el proyecto general. Con frecuencia, el acompañamiento del ICIPC en proyectos de desarrollo de producto para un cliente, comienza en esta etapa, con el trabajo de diseño conceptual. En este contexto de acompañamiento, la decisión final de aprobación del caso de negocio para el producto, por lo general la realiza el cliente en la revisión de compuerta.

En esta etapa se generan y evalúan alternativas conceptuales de solución o producto, buscando capturar la esencia de los deseos del usuario (*insights*), mediante características que solucionen sus necesidades identificadas en la etapa anterior; seguido de una selección de uno o varios conceptos para proseguir con desarrollo y validación. Aquí, un *concepto* es una descripción de la forma, la función y las características del producto, o las operaciones, procedimientos e insumos para un nuevo servicio. Normalmente, se acompaña de una lista de necesidades y deseables, y un análisis de productos competitivos. También puede incluir una justificación económica preliminar del producto. El propósito de esta etapa es tomar una idea frágil y convertirla en una definición de producto con alto potencial de éxito, soportada por un caso de negocio robusto con el que se justifiquen las etapas de *Desarrollo*, *Refinamiento* e *Implementación*.

4.6.1. Elementos del Caso de Negocio

El *caso de negocio* de un proyecto de desarrollo de innovación es el conjunto de elementos relacionados con tres frentes: 1) la definición del producto (o servicio), 2) la justificación del proyecto para las etapas de desarrollo e implementación, y 3) el plan de acción a seguir. En otras palabras, el *caso de negocio* es la respuesta consolidada para preguntas administrativas de tipo *¿QUÉ?*, *¿PARA QUIÉN?*, *¿POR QUÉ?*, *¿CÓMO?*, *¿CUÁNDO?*, *¿CUÁNTO?* y *¿POR QUIÉN?*



Figura 29. Frentes esenciales del Caso de Negocio.

En proyectos de acompañamiento en el desarrollo para un cliente, él como gestor de la idea, participa en el trabajo del caso de negocio, definiendo, por ejemplo, la estrategia de posicionamiento de su producto, el mercado

objetivo, el análisis financiero, etc. Por lo tanto, es importante acordar al inicio de esta etapa los compromisos de cada parte para el levantamiento de la información en cada uno de estos frentes.

Si el proyecto es de baja complejidad, o si es de acompañamiento, donde gran parte de la información requerida para el Caso de Negocio la pone el cliente a disposición, entonces el PDP se escala para simplificarse y agrupar las etapas del pre-desarrollo. En tal caso, las actividades pendientes de esta etapa pueden llevarse a cabo junto con las dos anteriores.

Por otra parte, en proyectos de desarrollo que nacen y se desarrollan en el ICIPC, éste deberá levantar la información relacionada con los tres frentes del caso de negocio.

Antes de entrar a describir las actividades principales de esta etapa, se explican brevemente a continuación los tres frentes del caso de negocio en que éstas se enmarcan:

4.6.1.1. Definición de Producto

Es crucial en esta etapa comenzar a consolidar la definición integrada de requerimientos del producto, haciéndose clara y acordada entre las partes para comenzar la *Fase de Desarrollo*. Esta definición se basa en el *Brief de diseño* que se inició en la etapa anterior con la declaración de la misión del producto, y establece los objetivos de trabajo que imponen disciplina y restringen el cambio futuro de objetivos (fenómeno dentro de proyectos de desarrollo conocido como *Scope Creep*).

En la presente etapa, el grupo de desarrollo aprovecha la oportunidad para incorporar características de superioridad en el producto frente a la competencia, con aspectos diferenciadores que entregan valor agregado real al usuario.

La definición integrada de producto es entonces la información que responde a preguntas de tipo *¿QUÉ?* y *¿PARA QUIÉN?* En ésta se incluyen:

- **Diseño conceptual del producto:** Descripción de lo que será el producto y lo que ofrecerá (en lenguaje del usuario), y los límites que se imponen para el esfuerzo de desarrollo: ¿Se trata de un solo producto nuevo? ¿o una familia de productos (serie de nuevas versiones)? ¿o una plataforma de producto?
- **Especificaciones y requerimientos de desempeño:** Proposición de valor para el cliente. Necesidades del cliente traducidas a especificaciones de diseño del producto. La definición integrada de producto incluye el pliego de especificaciones técnicas del producto (*Product Design Specification –PDS*), las cuales se comienzan a definir en esta etapa, como se explica en seguida.
- **Definición del mercado objetivo:** Exactamente a quién estará dirigido el producto.
- **Estrategia de posicionamiento:** Formas como se posicionará el producto frente a la competencia, considerando precio, técnicas de mercadeo, etc.

En casos de proyectos de desarrollo de productos para los cuales es muy difícil establecer todas las especificaciones técnicas en esta etapa, por ejemplo, en algunos casos de innovación incremental y radical, se recomienda emplear una lista de chequeo con los ítems de la definición integrada de producto, indicando cuáles son establecidos en esta etapa, y cuáles se estiman pero quedan pendientes de consolidar en la *Etapas 3 y 4 de Desarrollo y Refinamiento*. Esto implica que en el plan de desarrollo trazado para ésta etapa y las siguientes dos, se deben incluir actividades que apunten a consolidar las especificaciones pendientes. Lo anterior se sugiere como solución práctica aplicada en empresas de trayectoria, y una forma de planificar las iteraciones de gran alcance (a través de etapas), permitiendo que se pueda avanzar en el PDP aprobando progresivamente el trabajo en las compuertas. Esta práctica no debe interpretarse como un atajo para simplificar el trabajo de esta etapa y aplazar sin criterio actividades importantes; además, las aprobaciones del trabajo progresivo en algún aspecto de la definición integrada de producto, deben ser consistentes con el perfil de riesgo aceptado entre las partes.

4.6.1.2. Justificación del Proyecto

El segundo elemento de un caso de negocio responde a la pregunta *¿POR QUÉ?* Esto es, ¿por qué la organización debe invertir en este proyecto? La respuesta a esta pregunta se sustenta, por una parte, en una evaluación de

consideraciones financieras de negocio, de rentabilidad y de riesgo. Por otra parte, considerando que la información financiera es aún estimada e imprecisa, también pesan los criterios no financieros y consideraciones no cuantitativas como el razonamiento estratégico, las ventajas competitivas, y el nivel atractivo del mercado.

La información obtenida durante la fase de pre-desarrollo (Etapas 0, 1 y 2) se hace indispensable para soportar un caso de negocio en evidencias y hechos, en lugar de especulaciones. Por lo tanto, es importante insistir en que el trabajo preliminar (*up-front homework*) sea bien hecho y revisado, para evitar que el proyecto entre en la *Etapa de Desarrollo* careciendo de información vital.

En la justificación también se deben considerar las ventajas competitivas y comparativas de la organización, y aspectos que permiten apalancarlas para el aprovechamiento estratégico, tales como infraestructura, reconocimiento, conocimientos y experticia, alianzas estratégicas y facilidades de subcontratación (*outsourcing*), entre otras. Igualmente, se deben revisar los riesgos identificados en la Etapa 1 y actualizar el registro de riesgo con los logros de esta Etapa 2.

4.6.1.3. Plan de Acción

Este último elemento del caso de negocio responde a las preguntas de tipo: *¿CÓMO?*, *¿CUÁNDO?* y *¿POR QUIÉN?* Aquí se hace operacional el trabajo, considerando varios escenarios, y se elabora la estructura del plan base de trabajo (*baseline work breakdown structure –WBS*) que, según el alcance del proyecto, propone las actividades desde el *Desarrollo* hasta la *Implementación*.

Usualmente, el plan de trabajo se basa en una ruta crítica, una línea de tiempo o un cronograma, el cual debe ser agresivo, estimulando a los miembros a esforzarse, pero también debe ser realista. El cronograma declara la cantidad de recursos requeridos, como *Personas, Dinero, Equipos, Tiempo de trabajo y de duración*, y la secuencia cronológica de los mismos, con fechas claves e hitos de cumplimiento.

Existe el reto intrínseco de asegurar que las labores de desarrollo sean completadas dentro de un plazo de tiempo estimado. Sin embargo, en realidad es difícil prever la duración exacta de algunas actividades de desarrollo, en particular, aquellas que son nuevas, involucran innovación para el grupo de trabajo, o son iterativas por definición.

El proceso de programación de actividades se debe basar en el conocimiento de los entregables individuales (dibujos, cálculos, verificaciones, validaciones, reportes, etc.) del plan de trabajo (WBS). Aquí, es valiosa la experiencia del líder en proyectos anteriores, y debidamente documentada en el SIGEC. La programación de la creación de los entregables del desarrollo significa ubicar las tareas y bloques de trabajo en una secuencia lógica, para luego calcular el tiempo total requerido para completar todo el trabajo. La secuencia del trabajo se hace a partir de una red de dependencias entre las tareas. Para esto, una de las técnicas más empleadas es el diagrama de Gantt, el cual, esencialmente se basa en una programación lineal de actividades. Sin embargo, una de las dificultades con ésta, es que la *iteración*, un aspecto fundamental en el proceso de desarrollo, no se puede modelar de manera efectiva, lo que obliga a ajustar periódicamente el cronograma en la medida en que se despliegan las iteraciones en el trabajo de diseño.

La cantidad de trabajo iterativo que requieren algunas tareas de desarrollo debe ser incorporado y presupuestado en el cronograma a partir de un compromiso entre las partes, en particular, la dirección o el cliente. En ocasiones, esto se hace mediante la inclusión explícita de un número razonable de repeticiones de la tarea iterativa, o mediante la definición de duraciones de mayor extensión para las tareas iterativas. He aquí uno de los retos en la competitividad del grupo de desarrollo.

Existe otro método para la programación del desarrollo de sistemas complejos, contemporáneo a la introducción del diagrama de Gantt, y es la Estructura Matricial de Dependencia (*Dependency Structure Matrix –DSM*) ([107][108][109]). En esencia, el DSM se basa en la creación de una matriz que despliega las actividades de desarrollo y la dependencia de información entre cada una. La matriz se puede manipular para mostrar la ruta más efectiva de las actividades, con base en la dependencia de la información. De esta forma, en proyectos de alta complejidad, los procesos iterativos se pueden comprender mejor, enfocándose la atención de la gestión en los flujos críticos de información. Así, cuando el grupo de trabajo emprende el desarrollo, se identifican las secuencias de actividades con flujos de información crítica; y donde sea adecuado, se estiman datos provisionales para

mantener el flujo de información y de trabajo en curso. Luego se verifican y validan los estimados cuando la información real se hace disponible, de forma que solo se tengan que iterar porciones más acotadas y predecibles de trabajo que las que se hubieran realizado si la gestión se hiciera sin esta técnica. Este procedimiento resulta útil para la definición en varios pasos de las especificaciones técnicas del producto, como se verá en esta etapa.

Por otra parte y como se mencionó, debido a incertidumbres que se pueden presentar durante el desarrollo, son tentativos los estimados para las etapas de *Refinamiento e Implementación*. Se recomienda entonces que para la *Etapa 3 de Desarrollo*, el plan base de actividades sea detallado, pero también, con algo de flexibilidad para ser actualizado y revisado, según requerimientos que surjan en del desarrollo, sin perder de vista el alcance acordado (controlando el *Scope Creep*); y se recomienda para las etapas posteriores, solo un bosquejo que se pueda ajustar en el camino.

Para la *Etapa 3 de Desarrollo* y la *Etapa 4 de Refinamiento*, una buena ayuda para establecer el plan de acción, son los registros de riesgo del proyecto y del producto. Así, a partir ejercicios de identificación de riesgo como el Análisis de Modos y Efectos de Falla FMEA (ANEXO 0), iniciado previamente, se facilita establecer el derrotero de actividades encaminadas a mitigar o eliminar los riesgos. Además, como se explicó en la Sección 4.1.4 sobre Gestión de Riesgo, el plan de acción se debe mantener actualizado a lo largo del PDP, acorde con los riesgos que se van mitigando, y los nuevos riesgos u oportunidades que puedan surgir según el curso que toma el desarrollo.

4.6.2. Actividades de la Etapa

Para definir los elementos necesarios del caso de negocio, es sugerido considerar las actividades que se explican a continuación (Figura 30).

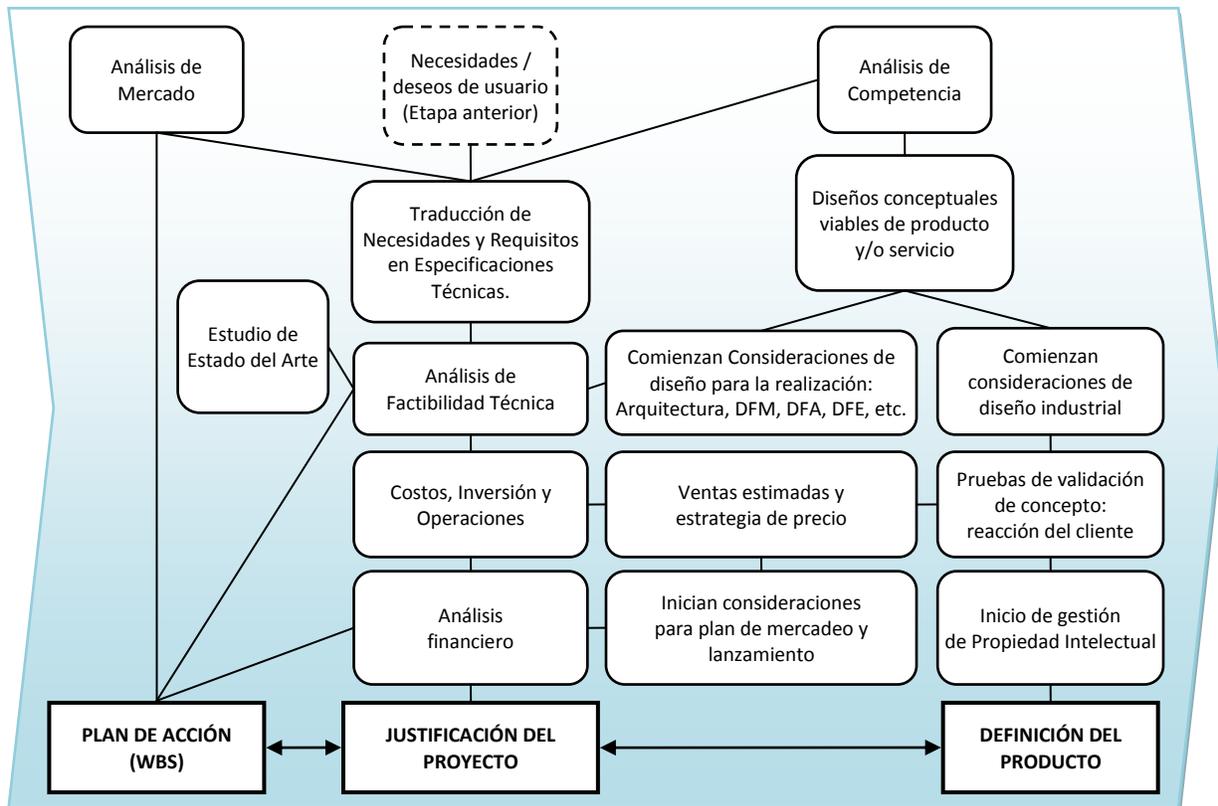


Figura 30. Actividades típicas que definen los elementos del Caso de Negocio.

4.6.2.1. Análisis de Mercado

Complementando la actividad realizada en la *Etapa 1 de Alcance*, esta actividad profundiza en detalle, verificando (en primera mano) esencialmente la información que se levantó de forma preliminar de fuentes intermediarias (segunda mano), plasmando la información en una matriz de valoración de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas –DOFA (*SWOT Analysis*). El objetivo de esta actividad es obtener una imagen más detallada del mercado [64], con elementos como:

- Segmentos del mercado: sus tamaños, crecimiento y tendencias.
- Aspectos relacionados al comportamiento del comprador: ¿quién?, ¿qué?, ¿cuándo?, ¿cómo? y ¿por qué?
- La situación competitiva.

En caso de un desarrollo contratado por un cliente, él deberá suministrar los resultados pertinentes a esta actividad, ya que él debe conocer mejor su producto y mercado, y el ICIPC típicamente no se concentra en este tipo de estudios. En el caso de desarrollo interno de nuevos servicios, el ICIPC deberá abordar esta actividad o subcontratarla dependiendo del proyecto, a fin de reducir el riesgo en este aspecto.

En la *Etapa 5 de Implementación*, los resultados de este análisis de mercado cobran mucha utilidad para la elaboración del *Plan de Mercadeo* y *Plan de Lanzamiento*.

4.6.2.2. Análisis de la Competencia

Aunque esta puede no ser una tarea muy relevante en el caso del ICIPC, debido a que es baja la competencia en muchos de los servicios especializados de su portafolio, existen varias razones como las que se mencionan a continuación para considerar este análisis en un momento dado:

- La necesidad de un análisis de la competencia lo determina el potencial de riesgo estimado en este factor, que pueda afectar el éxito del producto o servicio que se pretende desarrollar.
- Se deben entender las fortalezas y debilidades del producto de competencia existente o en potencia, ya que para lograr un producto superior, es importante entender la referencia de comparación.
- Se debe entender cómo los competidores *juegan*: cómo compiten y cómo y dónde encuentran los clientes.
- Entender la ventaja competitiva y la forma como el producto de la competencia encaja en su portafolio, puede suministrar pistas valiosas sobre la manera en que puedan responder competitivamente al lanzamiento de nuestro producto.

Al igual que en el análisis de mercado, en el caso de un desarrollo contratado por un cliente, él deberá suministrar los resultados pertinentes a esta actividad, ya que él debe conocer mejor su producto y mercado, y el ICIPC típicamente no se concentra en este tipo de estudios.

Las siguientes son algunas preguntas claves para las que se espera tener respuesta en un análisis de la competencia. Similar al estudio de mercado, parte de este estudio se puede apoyar en el método de matriz DOFA.

- ¿Quiénes son los jugadores clave? ¿Competidores directos e indirectos? ¿Se reemplazará o se compartirá el mercado con los productos de quién?
- ¿Cuáles son las características de producto y aspectos de desempeño? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades del producto de la competencia?
- ¿Cuál podrá ser el ofrecimiento de producto que tenga la competencia para el momento en que nuestro producto llegue al mercado?
- ¿Qué otras fortalezas y debilidades tiene cada competidor? Por ejemplo: Fuerza de ventas, servicio al cliente, soporte técnico, fuerza de marca, reputación, promoción.
- ¿Qué características dan prestigio a cada competidor? ¿Dónde están sus puntos débiles? En algunas ocasiones, los aspectos de mayor ventaja competitiva pueden estar en oportunidades en la mezcla de mercadeo (producto, precio, plaza promoción, etc.)
- ¿Cómo juega cada competidor? ¿En qué sectores o mercados se enfoca la competencia y cuál es la base de la competencia? ¿Precio, soporte, ventas?

- ¿Qué tan bien se está desempeñando la competencia? ¿Cuál es su participación en el mercado? ¿Qué tendencias han presentado? ¿Por qué le estará yendo tan bien (o mal) a determinado competidor? Se busca entender sus lecciones aprendidas.
- Si fuese posible de encontrar o de deducir, ¿cuáles son los escenarios de costos con los que trabaja la competencia? ¿El volumen de producción, capacidad, margen de utilidad? ¿Qué tan importante podrá ser la contribución de un producto determinado a sus operaciones y rentabilidad? Estos datos son típicamente confidenciales, pero de conocerse pueden ayudar a entender la habilidad de respuesta (descuentos, o campañas agresivas contra nuestro producto).

Para levantar esta información, se pueden visitar fuentes similares a las que se recomienda para un estudio de mercado (Sección 4.4.1.1). Adicionalmente, se puede profundizar con técnicas como:

- Trazar la línea de tiempo de productos y portafolio del competidor.
- Adquirir productos o contratar servicios de la competencia (si fuese posible) para analizarlos en primera mano.
- Durante la identificación de las necesidades de usuario (en la etapa anterior), incorporar preguntas que permitan recabar opiniones y evaluar el desempeño de la competencia.

4.6.2.3. Definición de Especificaciones Técnicas

Las necesidades del usuario recolectadas, normalmente están expresadas en “el lenguaje del usuario”, y a pesar de que permiten entender aspectos claves que le interesan al usuario, poseen muy poca información específica que pueda guiar en el proceso de diseño e ingeniería del producto o servicio, ya que dejan un amplio margen para la interpretación subjetiva.

Por esta razón, el equipo de desarrollo establece la lista o pliego de *especificaciones*, que no es más que la traducción e interpretación de las necesidades en “lenguaje de ingeniería”, preciso y detallado, para definir *qué* debe hacer (o tener) el producto. De esta forma, las especificaciones técnicas no le indican al desarrollador *cómo* satisfacer las necesidades del usuario, sino que establecen un acuerdo, sin ambigüedades, sobre lo que el desarrollador debe realizar en función de las necesidades del usuario.

Algunas organizaciones se refieren a las *especificaciones técnicas* también como *requisitos de producto*, *características de ingeniería*, *cuaderno de cargas* o *especificaciones de producto* (*Product Design Specification - PDS*). En esta Guía se empleará, en general, el término *especificaciones técnicas* para productos y servicios.

Para precisar la definición, una *especificación* (en singular) consiste de un *parámetro* (o *métrica*) y un *valor* correspondiente. Por ejemplo, “masa total” es el parámetro, mientras que “menos de 100kg” es el valor del parámetro. Nótese que los valores con frecuencia pueden definirse en diferentes formas: un número particular, un rango o una relación, buscando así establecer un “*espacio de diseño*” viable para trabajar. Adicionalmente, los valores deben ir acompañados de la unidad correspondiente. Juntos, el parámetro y el valor, conforman la especificación. Las *especificaciones técnicas* (en plural) son simplemente la lista de las especificaciones individuales.

Para productos de bajas exigencias tecnológicas, las especificaciones se pueden establecer completamente previo al desarrollo, una vez se hayan identificado las necesidades del usuario o sistema, y se haya realizado un análisis de la competencia. Para productos y servicios de elevado nivel tecnológico, sin embargo, las especificaciones que se establecen como objetivo al inicio del desarrollo, rara vez son las mismas acordadas y logradas al final. Por eso, para este tipo de nuevos productos, la definición de especificaciones se realiza en al menos dos pasos durante el PDP.

En tal caso, el primer paso en que se definen las especificaciones, se establecen son objetivos técnicos a los que el equipo apunta durante la creación de conceptos de diseño. Dado que se establecen antes de que el equipo realmente conozca las limitaciones impuestas por la tecnología del producto y lo que se puede lograr, estas especificaciones representan las aspiraciones del grupo. Es posible que el equipo no logre algunas de estas especificaciones, o bien, logre exceder otras, dependiendo del concepto de diseño que finalmente se selecciona.

Una vez el equipo evalúa los conceptos de diseño y selecciona uno para el desarrollo, deberá revisar y actualizar las especificaciones establecidas y por ende los requisitos, junto con las nuevas condiciones tecnológicas y el costo, ya que es posible que se tengan que aceptar concesiones entre diferentes características deseables del producto.

Para definir las especificaciones técnicas de producto en al menos dos pasos, en esta Guía se sigue un proceso de *Desarrollo Conceptual*, como se esquematiza en la Figura 31. Este proceso busca que los conceptos de producto incorporen características técnicas que capturen, de manera eficaz, los requisitos y deseos del usuario (*insights*). El despliegue de funciones o características en el producto es esencial en la percepción de calidad por parte del usuario, lo cual, constituye una práctica que es la base del procedimiento estandarizado en la industria, conocido como el Despliegue de Funciones de Calidad (*Quality Function Deployment –QFD*).

Como se describe a continuación, el proceso de generación de conceptos, adaptado de lineamientos de Steven Eppinger [11], y Pahl & Beitz [39] a las necesidades del PDP en el ICIPC, permite desglosar la definición del diseño conceptual, estableciendo una secuencia lógica entre los pasos que incluyen las actividades para *Establecer Especificaciones*.

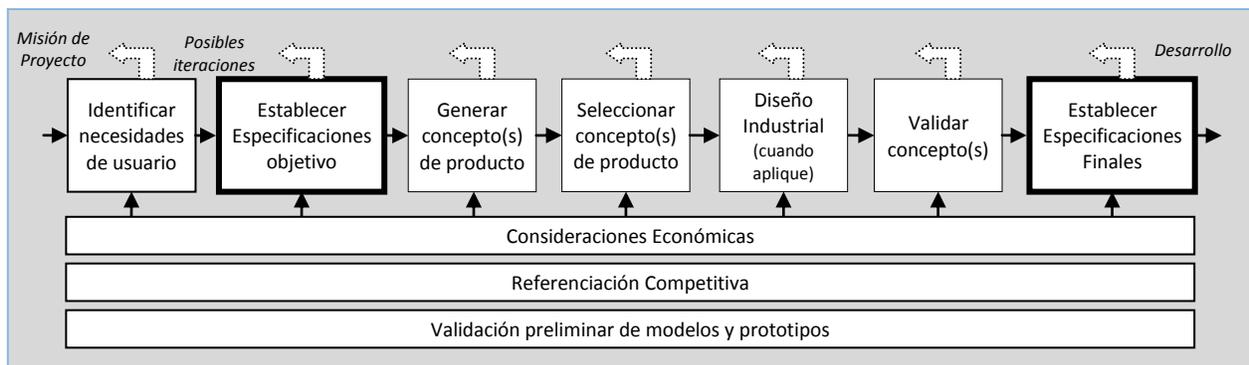


Figura 31. Establecimiento de especificaciones dentro del proceso de desarrollo conceptual (adaptado de Eppinger [11]).

4.6.2.3.1. Pasos para establecer las especificaciones objetivo (preliminares):

1. Preparar la Lista de Parámetros o Métricas.

Los parámetros más útiles son aquellos que reflejan, de la forma más directa, el nivel con que el producto satisface las necesidades del usuario. Por tanto, la relación entre necesidades y parámetros es central a toda la noción de especificaciones. Los parámetros se derivan de todos los requisitos provenientes de ámbitos como las necesidades del cliente, los deseables considerados que agregan valor y diferenciación, las regulaciones y la normatividad existente, y las condiciones comerciales y financieras (ej. costos), entre otros.

La suposición hecha en la práctica es que es posible establecer una relación entre las necesidades y un conjunto definido de especificaciones medibles, y que, cuando el producto cumple con dichas especificaciones, se obtiene por ende la satisfacción del cliente o usuario.

Una tabla es una forma práctica para asociar los parámetros con las necesidades. Al considerar cada necesidad, se buscan cuáles características, precisas y medibles (observables) en el producto, reflejan el nivel con que el producto satisface dicha necesidad. La Tabla 6 ilustra, a manera de ejemplo, esta asociación de necesidades con parámetros para el caso de un nuevo diseño de un producto (suspensión de moto), para la cual algunas necesidades de ejemplo se identificaron en la Etapa 1 (Tabla 5).

En un caso ideal, habría solo un parámetro asociado a una necesidad, pero en la práctica muchas veces esto no es posible, requiriéndose más de un parámetro para capturar una necesidad, caso en el cual, se emplea una matriz de métricas y necesidades para representar la asociación. En ésta, se representa en las filas, las necesidades del usuario, y en las columnas, los parámetros o características del producto. Una marca en una celda significa que la necesidad y el parámetro están asociados, y el desempeño del producto, con relación a ese parámetro, influye sobre el nivel en que se satisface la necesidad particular del usuario. Esta matriz es un

elemento clave en la estructura gráfica conocida como la *Casa de la Calidad (House of Quality –HoQ)*, que es a su vez un elemento importante en la metodología del *Despliegue de Funciones de Calidad (Quality Function Deployment –QFD)*, que ayuda a transformar requerimientos y necesidades (del cliente) en criterios de calidad del diseño.

Aunque, para esta actividad es suficiente la asociación mediante una lista como la mostrada en la Tabla 6, o mediante la matriz de métricas y necesidades, esta Guía recomienda revisar fuentes como la *Asociación Latinoamericana de QFD* [134], *The QFD Institute* [34], *QFD Online* [36], *ReVelle* [35] y *Eppinger* [11] para mayor información acerca de QFD.

Tabla 6. Definición de las métricas para las especificaciones de producto. – Ejemplo: Suspensión de moto.

MÉTRICA No.	NECESIDAD No.	PARÁMETRO	IMPORTANCIA	UNIDADES
1	2, 6	Precarga del resorte	3	N
2	1, 3	Máximo valor de prueba de suspensión normalizada WX	5	g
3	1, 3	Tiempo de descenso mínimo en pista de pruebas	5	s
4	4	Rango de ajuste del coeficiente de amortiguamiento	3	N-s/m
5	5	Recorrido máximo	3	mm
6	5	Desplazamiento de la horquilla	3	mm
7	6	Rigidez lateral en la punta	3	kN/m
8	7	Masa total	4	kg
9	8	Rigidez lateral en los pivotes del freno	2	kN/m
10	9	Tamaños de los asientos	5	pulg.
11	9	Longitud del tubo de la dirección	5	mm
12	9	Tamaños de ruedas	5	Lista (catálogo)
13	9	Anchura máxima del neumático	5	pulg.
14	10	Tiempo para ensamblar el marco	1	s
15	11	Duración de prueba UV para degradar partes en caucho	5	hr
16	11	Número de ciclos de prueba WX antes de la falla	5	Ciclos
17	12	Prueba con estándar industrial japonés	5	Binario
18	12	Resistencia a la flexión con carga frontal	5	kN
19	13	Costo de manufactura por unidad	5	\$

2. Referenciación Competitiva o evaluación comparativa (*benchmarking*).

La información levantada del análisis de la competencia (*benchmarking*) permite respaldar las decisiones de posicionamiento del producto que el equipo de desarrollo toma cuando establece las especificaciones técnicas objetivo, en relación a las de otros productos.

Esta información se puede compilar como se presenta en la Tabla 7, donde se hace una comparación en relación a los valores de los parámetros de cada referencia (para el ejemplo de la nueva suspensión de moto de la Tabla 5), o en una tabla adjunta a la matriz de necesidades y parámetros (Casa de la Calidad) del QFD. La representación se puede hacer respecto al nivel con que un producto de la competencia satisface la necesidad, según lo percibe el usuario (referenciación basada en opinión de usuario); o bien, a partir del valor que toma cada parámetro en cada producto (referenciación basada en evaluación ingenieril). Ambas representaciones son válidas, sin embargo, construir la tabla de la opinión del usuario puede ser dispendioso. Como mínimo se recomienda realizar la comparación desde el punto de vista de los parámetros y sus valores.

Tabla 7. Referenciación competitiva (*benchmark*) basada en satisfacción percibida de necesidades. - Ejemplo: Suspensión de moto.
 Mayor cantidad de puntos en una referencia indica que cumple satisface mejor la necesidad.

No.	NECESIDAD	IMP.	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3	Ref. 4
1	Reduce la vibración en las manos	3	•	••••	••	•••
2	Permite un fácil recorrido de terreno lento y difícil	2	••	••••	•••	•••••
3	Hace posible descensos a alta velocidad en caminos con baches	5	•	•••••	••	•••
4	Permite ajuste de sensibilidad	3	•	••••	••	•••
5	Conserva las características de la dirección del vehículo	4	••••	••	•	•••••
6	Permanece rígida durante curvas cerradas	4	•	•••	•	•••••
7	Es liviana	4	•	•••	•	•••••
8	Proporciona puntos rígidos de montaje para los frenos	2	•	••••	•••	••
9	Se ajusta a una amplia variedad de bicicletas, ruedas y neumáticos	5	••••	•••••	•••	•
10	Es fácil de instalar	1	••••	•••••	••••	•
11	Ofrece buena durabilidad	5	•••••	•••••	•••••	•
12	Ofrece seguridad durante un choque	5	•••••	•••••	•••••	•••••
13	Es asequible a un precio favorable	5	•••••	•	•••	••

3. Establecer valores ideales y marginales de los parámetros.

En este paso, el equipo sintetiza la información disponible y establece el valor objetivo para cada parámetro. Se recomienda establecer un *valor ideal* y un *valor marginal* aceptable. El valor ideal es el mejor que el equipo espera poder alcanzar. El valor marginal es aquel valor del parámetro que el equipo puede aceptar para que a duras penas el producto sea comercialmente viable.

Ambos tipos de valores son útiles para guiar los siguientes pasos en el proceso de *Desarrollo Conceptual* para la generación de conceptos y selección, así como también para el refinamiento de especificaciones, una vez el concepto ha sido seleccionado.

Normalmente se usan cinco formas para expresar los valores de los parámetros: a) *Mínimo X* (Supone que valores mayores son mejores); b) *Máximo X* (Supone que valores menores son mejores); c) *Entre X y Y*; d) *Exactamente X*; e) *Lista de valores discretos*. Usando estos tipos de valores, y teniendo en cuenta la referenciación competitiva, el equipo de desarrollo procede a establecer el objetivo ideal y marginal a cada parámetro.

Adicionalmente, para definir las especificaciones objetivo (preliminares), se consideran aspectos como la misión del producto, el segmento de mercado, y las capacidades de la competencia presentes y futuras estimadas (en caso de ser posible predecir).

4. Reflejar el resultado en el proceso

Es posible que se requieran iteraciones hasta lograr un acuerdo en los objetivos técnicos. Una reflexión grupal después de cada iteración, asegura que los resultados sean consistentes con el objetivo del proyecto.

Una vez se han establecido las especificaciones preliminares objetivo, el equipo puede proceder a la generación conceptual de diseños, y se facilitará la selección del mejor cuando se evalúen con base en dichas especificaciones preliminares.

4.6.2.3.2. Pasos para establecer las especificaciones finales:

Una vez el equipo selecciona el concepto de diseño, como se explica en la siguiente sección, y se prepara para el trabajo de desarrollo (Figura 31), las especificaciones iniciales son reconsideradas. Algunas especificaciones que en principio fueron aproximadas y definidas como rangos, ahora se refinan y se precisan.

Establecer las especificaciones finales no es una tarea trivial, en particular porque con frecuencia se presenta la necesidad de sacrificar en cierto nivel alguna característica con el fin de mejorar otra. Estas concesiones, observadas como relaciones inversas entre las características del producto, son inherentes al diseño conceptual

seleccionado, y a veces no son fáciles de resolver. Algunas veces se presentan entre diferentes características técnicas, y casi siempre entre alguna(s) de éstas y el costo.

Se debe tener en cuenta que la definición de especificaciones en dos instancias (preliminares y finales) como se presenta aquí, no necesariamente se cumple para todo tipo de producto o servicio. De nuevo, es posible incluso que para precisar algunas especificaciones, se tenga que esperar hasta la *Etapa 3 de Desarrollo*, e incluso posiblemente hasta la *Etapa 4 de Refinamiento*, donde se lleva a cabo trabajo de ingeniería más profundo y detallado. Esto lo determina la cantidad de información técnica que (preliminarmente) se pueda levantar sobre el concepto en esta Etapa 2, y por consiguiente, el nivel de riesgo asociado con el estado de madurez del producto.

La idea es que el trabajo de la definición del concepto de diseño realizado en esta Etapa 2, sirva para reducir el riesgo en lo más que se pueda, sin requerir una inversión cuantiosa en dinero y tiempo, sino, lo suficiente para que, en la Compuerta 3, se autorice el inicio de las etapas de la fase de desarrollo. En cada caso particular, el equipo entonces deberá planificar el trabajo de definición iterativa de determinadas especificaciones, y argumentar porqué la consolidación de algunas especificaciones queda para la Etapa 3 o 4.

Para establecer las especificaciones finales, se sugiere seguir los pasos mostrados a continuación.

1. Desarrollar modelos técnicos preliminares del producto.

Un modelo técnico del producto es una herramienta para predecir los valores de los parámetros para un caso determinado de decisiones de diseño. El término *modelo* hace referencia tanto a aproximaciones analíticas como físicas del concepto.

Enfocándose en los requisitos básicos para el funcionamiento del producto, así como también en los modos de falla más críticos y con mayor probabilidad de ocurrencia, establecidos en el Análisis de Modos y Efectos de Falla –FMEA, los expertos del equipo de desarrollo, idealmente podrán crear un modelo preliminar analítico, implementando ecuaciones matemáticas simplificadas en un programa de simulación o una hoja de cálculo, o realizar exploraciones preliminares mediante diseños simplificados de experimentos, permitiéndoles estimar rápidamente si el conjunto de variables de diseño y especificaciones seleccionadas son apropiadas y viables. En esta etapa se procura evaluar también la interacción de un subconjunto de los parámetros, y el comportamiento simplificado de los fenómenos, dejando para la Etapa 3 los análisis más rigurosos del producto según sea necesario, en que se consideren más detalles en la modelación y verificación, por ejemplo: tipo de ecuaciones constitutivas, formas más completas de las ecuaciones de gobierno y de las condiciones de frontera, interacción de fenómenos, propiedades detalladas de materiales, etc.

Este tipo de modelación y análisis preliminar, ayuda a que el equipo evite establecer una combinación de especificaciones que no sea viable de lograr dentro del alcance del concepto de diseño seleccionado, o bien, darse cuenta si la solución, que apunta a resolver una necesidad aparente, es viable técnicamente dentro del espacio de diseño y límites financieros.

2. Desarrollar un modelo de costos del producto.

El propósito de esta actividad en el proceso, es asegurarse que el producto o servicio pueda realizarse bajo el *costo objetivo*.

Tanto para la elaboración de un producto tangible, como para la realización de uno intangible (un servicio), el costo objetivo se basa en el costo total de elaboración o realización, con el cual la organización, sus proveedores y otros miembros de la cadena de valor (canal de distribución), pueden obtener utilidades razonables, al tiempo que se ofrece el producto al usuario final a un precio competitivo.

Para casi todos los productos tangibles, los primeros estimados de costos se bosquejan con la lista de insumos (*Bill of Materials*) y la carta de procesos, mediante las cuales, se estiman los costos de fabricación y de compra de componentes, insumos o uso de activos. Similarmente, para el caso de servicios, con la elaboración de un plan de actividades o de operaciones, se identifican los insumos, y aspectos logísticos requeridos, así como el costo de personal involucrado, entre otros.

Es claro que en este punto, el equipo aun no conoce en su totalidad todos los insumos (lista de partes) para el producto, sin embargo, se debe estimar al menos los que se consideran que serán necesarios. Por otra parte, a

pesar de que los estimados iniciales se enfocan principalmente a los costos de los insumos, también conviene considerar otros aspectos asociados a la realización, como actividades de capacitación, administración, fabricación, etc., y algunos costos variables (*overhead*), etc.

Dentro de los esfuerzos para levantar esta información, se incluye: búsqueda de proveedores, averiguación de los precios de insumos, al igual que los costos de elaboración de aquellos que la organización producirá internamente.

Al inicio, una forma común de listar los costos de cada componente/insumo, es mediante una tabla, donde las filas son los componentes, insumos o procesos, y las columnas son las cantidades de cada uno y los rangos de valor máximo y mínimo. Así, con una columna en la tabla dedicada a cada límite, el equipo conoce el nivel de incertidumbre asociado al estimado de cada insumo. Luego, durante el desarrollo de diseños conceptuales, realizando un análisis de escenarios de costos basado en preguntas tipo “¿qué tal si?” (*What if*), el equipo actualiza dicha tabla de costos según las decisiones de diseño que se van tomando. De esta forma, la lista de insumos se convierte en un modelo para medir el desempeño del producto desde el punto de vista de costos.

La lista de insumos continua siendo útil durante todo el proceso de desarrollo, ya que refleja el estado actualizado de los costos de realización. Por tanto, se debe actualizar periódicamente como parte de los entregables para ser considerados en las Compuertas.

3. Refinar las especificaciones.

Una vez el equipo ha construido modelos preliminares de desempeño técnico donde sea posible, y un modelo preliminar de costos, se emplean estas herramientas para desarrollar las especificaciones finales.

En una forma iterativa, el equipo converge, realizando concesiones, en un conjunto de especificaciones que contribuyen a: posicionar el producto frente a la competencia, a satisfacer las necesidades del usuario, y a asegurar ingresos adecuados.

4. Difundir las especificaciones.

En algunos casos, si el producto a desarrollar es un sistema relativamente pequeño, donde se involucra solo un equipo de desarrollo, este proceso define las especificaciones con las que trabajará el mismo grupo en su interior. Pero cuando el proyecto está orientado al desarrollo de un producto de alta complejidad, con varios subsistemas y que requiere la interacción de varios grupos expertos, las especificaciones también deberán ser difundidas a éstos apropiadamente (otros grupos de la organización, cliente, proveedores, consultores, etc.).

Por otra parte, algunas especificaciones generales de cada componente pueden establecerse mediante asignación de presupuestos y límites. Por ejemplo, las especificaciones para el costo de manufactura, la masa total y el consumo de energía, pueden ser asignadas a los componentes, bajo el supuesto de que la suma de éstas satisface los requisitos impuestos al sistema general del producto. Hasta cierto punto, el volumen geométrico de cada componente puede ser asignado de manera similar. Hay otras especificaciones de componentes que deberán ser establecidas mediante un entendimiento del comportamiento acoplado de los subsistemas y su influencia en el desempeño del producto. Por tanto, en ese caso se argumenta que estas especificaciones se consolidan en la *Etapa 3 de Desarrollo*, aceptando un nivel de riesgo razonable.

Uno reto en la difusión de especificaciones es asegurar que cada subsistema refleje las especificaciones requeridas para el sistema global, de modo que si cada subsistema cumple sus especificaciones, el sistema también cumplirá. En algunas organizaciones de trayectoria, incluso se agrega al PDP una Etapa y una Compuerta para el *Diseño del Sistema* antes de pasar a una etapa de *Diseño Detallado*. En esta Guía, el diseño a nivel de sistema que sea necesario, se considera en la presente Etapa 2.

Finalmente, hay que tener en cuenta con relación a las especificaciones técnicas, que en algunos proyectos de acompañamiento, esta actividad ya la ha realizado el cliente total o parcialmente. Adicionalmente, se debe considerar que para ciertos productos o servicios, la mayoría de especificaciones son establecidas por normatividad y estándares industriales. Por tanto, el trabajo requerido particularmente por el ICIPC en esta etapa, se puede simplificar, habiendo hecho el ICIPC el debido diagnóstico y evaluación de integridad y calidad de la

información de entrada al proyecto. Pero, si se determina que la información aun no está consolidada, es necesario abordar el trabajo formal descrito para ello, para cubrir las brechas de pre-desarrollo en el proyecto.

4.6.2.4. Diseño Conceptual

Un diseño conceptual del producto o servicio es una descripción aproximada (conceptual) de: la tecnología, los principios de funcionamiento y operación, y la forma del producto o procedimiento para el servicio. Es una descripción concisa de cómo el producto satisfará las necesidades del usuario.

Un diseño conceptual de un producto tangible se suele representar mediante un bosquejo o un simple modelo tridimensional, y comúnmente se acompaña de una breve descripción escrita. Un producto intangible como un servicio, se suele representar mediante un protocolo o un procedimiento, enunciando las entradas, las operaciones o funciones genéricas, los recursos, y los entregables o resultados.

El nivel con que un producto satisface a clientes, a usuarios o a un sistema, y puede ser satisfactoriamente comercializado, depende en gran medida del diseño conceptual que lo sustenta [87]. Mientras que es probable que un buen diseño conceptual pueda ser pobremente implementado en las etapas siguientes de desarrollo, un pobre diseño conceptual difícilmente se puede transformar en un producto con éxito en el mercado. En ambos casos, se observa que la falta de disciplina tiene efectos negativos en la calidad del desarrollo y éxito del producto. Afortunadamente, la generación de conceptos es una tarea relativamente menos costosa y más rápida, en comparación con el resto del proceso de desarrollo. Por estas razones, no debe haber excusa para no abordar un método de generación conceptual.

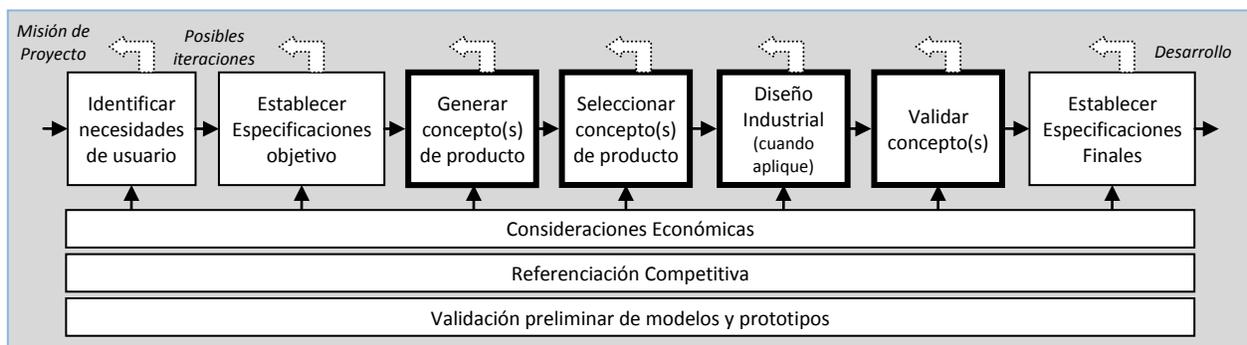


Figura 32. Diseño Conceptual dentro del Proceso de Desarrollo Conceptual (adaptado de Eppinger [11]).

4.6.2.4.1. Generación de Conceptos

El proceso de generación de conceptos comienza con una colección de necesidades y requisitos de usuario, y especificaciones objetivo. El resultado es una serie de conceptos de producto, a partir de la cual el equipo realiza una selección final.

En muchas organizaciones con grupos de desarrollo efectivos, se pueden generar hasta cientos de conceptos para la solución total o aspectos parciales, de los cuales, típicamente entre 5 y 20 opciones son consideradas meritorias durante la actividad formal de selección. Una buena generación de conceptos ofrece confianza al grupo en el sentido que se explora suficientemente el espacio posible de alternativas. Esta exploración, temprana en el proceso, a su vez reduce la probabilidad de que el equipo se tope con otro concepto superior tarde en el proceso, o que la competencia introduzca un producto dramáticamente mejor.

El manejo de un procedimiento estructurado para la generación de conceptos ayuda a evitar disfunciones típicas en el grupo de desarrollo, mediante la articulación de los expertos en diferentes áreas bajo actividades como: el levantamiento de información de diversas fuentes, la exploración guiada de las alternativas y el mecanismo para integrar soluciones parciales. El método estructurado también guía los pasos para aquellos miembros del equipo con menos experiencia en tareas intensivas de diseño, permitiéndoles participar activamente en el proceso.

Algunas de las disfunciones típicas que se traducen en problemas costosos son:

- La consideración de solo una o dos alternativas, con frecuencia sugeridas por los miembros mayores del equipo.
- No considerar cuidadosamente la utilidad de conceptos empleados por otras organizaciones en productos relacionados (y no relacionados).
- Involucramiento en el proceso de solo una o dos personas del equipo, resultando en una falta de confianza y compromiso en el resto del equipo.
- Integración inefectiva de soluciones parciales promisorias.
- No considerar todas las categorías de soluciones.

Existen varios autores que sugieren diferentes metodologías comunes en la práctica para la generación sistémica de conceptos de diseño y la ejecución del trabajo de diseño industrial. Entre los más reconocidos están *Eppinger y Ulrich* [11], *Roozenburg y Eekels* [38], *Pahl y Beitz* [39]. El método que sugiere el profesor Eppinger de MIT, similar al de Pahl y Beitz, consiste de 5 pasos, que, aunque enunciados en forma secuencial, con frecuencia se pueden abordar de manera iterativa:

1. **Clarificar el problema:** Significa comprender el problema y descomponerlo en sub-problemas más simples.

Idealmente el equipo de desarrollo ha estado involucrado en la identificación de necesidades del usuario y en la definición de especificaciones objetivo. Aquellos miembros del grupo que no estuvieron involucrados en estas actividades previas deben familiarizarse con el proceso y sus resultados antes de comenzar las actividades de generación conceptual.

En el caso de proyectos de desarrollo acompañado por el ICIPC para un cliente, si estas actividades fueron previamente realizadas por el cliente, los resultados se deben transmitir a los nuevos miembros del equipo de desarrollo en el ICIPC.

Dividir el problema en unos más simples se conoce como *descomposición del problema*. Dependiendo de la complejidad, la descomposición se realiza mediante cualquiera de varios esquemas:

- a) *Descomposición de la estructura funcional:* ([11][38][39]) Se parte de una representación de caja negra para la función principal del producto, la cual opera sobre flujos de *Material, Energía e Información*. El siguiente paso es dividir la caja negra en varios niveles de sub-funciones abstractas, hasta llegar a una descripción específica de la manera como interactuarían los elementos del producto para lograr la función principal. Lo que se busca es una estructura abstracta de múltiples funciones conectadas mediante flujos de materia, energía e información, sin sugerir aún ningún principio tecnológico particular para el funcionamiento del producto. Con tal descripción, el equipo determina la mejor manera de trabajar cada sub-problema.
- b) *Descomposición mediante secuencia de acciones del usuario:* Este esquema es útil para productos con funciones técnicamente muy simples y donde intervienen muchas acciones del usuario [11].
- c) *Descomposición mediante necesidades del usuario:* Este esquema es útil para productos donde la definición de *forma* es un problema más importante que la tecnología o los principios de *funcionamiento* [11].

2. **Búsquedas externas:** Significa reunir información de usuarios líderes, expertos, patentes, literatura y productos relacionados (estado del arte).

Además de las fuentes mencionadas, el estudio del estado del arte que se debe realizar en esta etapa (Sección 4.6.2.5) sirve también para obtener información valiosa para hallar soluciones del problema general y de los sub-problemas encontrados. Adicionalmente, a partir de esta actividad, se puede formar un banco de conocimiento para posibles soluciones en otros proyectos.

Para optimizar los recursos y tiempo disponible para estas búsquedas, se procura un punto medio entre una estrategia expansiva y luego una estrategia intensiva, donde primero se realiza una búsqueda global de información que pueda estar relacionada con el problema, para luego enfocarse en aspectos claves en

direcciones prometedoras. La idea es manejar criterio ingenieril para no sesgarse mucho a una estrategia u otra, pues se pierde eficiencia.

Por otra parte, permitirse un uso liberal (adopción responsable y legal) de soluciones y tecnologías existentes, ayuda a que el equipo pueda concentrar sus esfuerzos en aquellos problemas que no poseen una solución satisfactoria previa.

- 3. Búsquedas internas:** Significa emplear métodos individuales y grupales para recabar y adaptar el conocimiento del grupo.

Estas búsquedas internas se basan en el uso del conocimiento y la creatividad personal y del equipo, para generar conceptos de solución. Con frecuencia esta actividad se llama “lluvia de ideas” o *Brainstorming*. Este tipo de búsquedas son internas en el sentido que todas las ideas que surgen de esta actividad, de una u otra forma, ya estaban en posesión del grupo, y es quizá la actividad más abierta y creativa de todo el PDP. La tarea se puede realizar tanto de forma individual como de forma grupal. Incluso, primero trabajando a nivel independiente para luego reunirse a compartir, discutir y combinar los conceptos. La modalidad grupal es valiosa debido a que sirve para abrir un espacio seguro para que cada miembro piense y proponga sus ideas, estimular la comunicación y facilitar el consenso.

Coordinado por el líder del proyecto y facilitado por un ambiente de comunicación abierta, la sesión grupal de lluvia de ideas puede llevarse a cabo apoyándose en varios estímulos y siguiendo un protocolo acordado.

Un protocolo que se practica con frecuencia en la industria consiste en que cada miembro trabaja individualmente en un número de conceptos entre 5 y 10 (mínimo), plasmando las ideas en una hoja con sus iniciales. Luego, en grupo se comparten los conceptos con los demás, explicándolos y argumentándolos, y luego pasándolos en mesa redonda una sola vuelta hacia la derecha para que los demás miembros incluyan sus comentarios, sugerencias constructivas con propuestas, o mejoras, hasta que cada miembro recibe nuevamente sus conceptos para observar la retroalimentación. Finalmente, después de una discusión constructiva, el líder recoge los resultados, los compila usando un método estructurado de exploración y selección (ver siguiente sección), y programa una sesión de selección de conceptos.

- 4. Exploración sistemática:** Significa emplear árboles de clasificación y tablas de combinación para organizar el razonamiento del grupo y sintetizar fragmentos de solución. Estas técnicas son más aplicables a productos tangibles.

Como resultado de las búsquedas externas e internas, el equipo puede generar decenas de *fragmentos* de conceptos –soluciones a los sub-problemas. La exploración sistemática está orientada a navegar el espacio de posibilidades mediante la organización y síntesis de dichos fragmentos.

La forma más trivial pero dispendiosa de realizar la exploración es considerando todas las posibles combinaciones entre los fragmentos asociados a cada sub-problema, pero esto ciertamente no es práctico. Se acostumbra en la práctica industrial, emplear dos herramientas específicas para tratar esta complejidad y organizar el razonamiento del equipo:

- a) Árbol de clasificación de conceptos: esta es una técnica para dividir el espacio de posibles soluciones en diferentes clasificaciones (de principios de funcionamiento o tecnologías), que faciliten la comparación y evaluación de ramas de vías tecnológicas [11]. Dentro de los beneficios de este esquema están:
- i) Facilidad para simplificar a partir de la “poda” de ramas de tecnologías no prometedoras.
 - ii) Identificación de caminos de enfoque al problema independientes.
 - iii) Identificación de ramas de oportunidad a las que no se ha prestado atención.
 - iv) Refinamiento de la descomposición funcional para alguna rama particular.
- b) Tabla de combinación de conceptos: la tabla se compone de una columna para cada sub-problema identificado en la descomposición funcional, y en las filas, los posibles fragmentos de soluciones. En cierta manera, la tabla de combinación es simplemente una forma de hacer relaciones forzadas entre

fragmentos a fin de estimular un pensamiento creativo más detallado [11][39]. Pero, no significa que la simple selección de una combinación de fragmentos arroje la solución completa al problema. Idealmente se consideran hasta tres o cuatro columnas por tabla, buscando configuraciones viables para sub-problemas que son acoplados o dependientes. Por otra parte, la combinación se simplifica al eliminar un fragmento por ser inviable.

Estas herramientas deben ser empleadas de manera flexible. Como se mencionó, son solo formas para organizar el razonamiento y estimular el pensamiento creativo. Adicionalmente, es común que se terminen generando más de un árbol de clasificación y tablas de combinación, donde varias alternativas de éstas ayuden a ahondar de forma estructurada en la exploración de conceptos.

5. **Reflejar los resultados en el proceso:** Significa identificar oportunidades de mejora para iteraciones siguientes o proyectos futuros.

Esta actividad, a pesar de estar al final de la lista, en realidad debe revisarse continuamente durante la generación conceptual, a fin de mantener un punto de vista objetivo en la eficacia del desarrollo del proyecto. Algunas de las preguntas a considerar aquí son:

- ¿Existe confianza en el grupo en el sentido en que se está explorando adecuadamente el espacio de soluciones?
- ¿Existen estructuras funcionales alternativas?
- ¿Existen descomposiciones alternativas del producto o problema?
- ¿Se ha hecho una búsqueda externa adecuada?
- ¿Se han aceptado e integrado en el proceso las ideas de todos?

Dentro de los resultados de este proceso, se pueden convertir algunos conceptos de productos tangibles a prototipos rápidos simplificados o modelos CAD preliminares, a fin de poder explorar mayores detalles, y ayudar en la comprensión de ventajas y desventajas funcionales.

Con este mapa de fragmentos conceptuales de solución, articulados y consolidados como de opciones de diseños conceptuales, se pasa entonces a la siguiente actividad del proceso de Desarrollo Conceptual: *Selección del Concepto*.

4.6.2.4.2. Selección del Concepto

La necesidad de seleccionar un diseño conceptual a partir de varias alternativas, suscita una serie de preguntas:

- ¿Cómo puede el equipo escoger el mejor concepto?
- ¿Cómo tomar una decisión que sea aceptada por todo el equipo?
- ¿Cómo se pueden identificar y aprovechar las ventajas de alternativas no viables?
- ¿Cómo se puede documentar el proceso de toma de decisión?

La *selección del concepto* es el proceso mediante el cual se evalúan los conceptos frente a las necesidades de usuario y otros criterios, comparando las fortalezas y debilidades relativas de cada uno, y seleccionando uno o más conceptos para profundizar en su investigación en las Etapas de *Desarrollo y Refinamiento*.

Mientras que muchas actividades en las etapas del PDP se benefician de la creatividad y un pensamiento divergente, la selección de conceptos es un proceso convergente, donde se busca reducir el grupo de alternativas. Típicamente es un proceso iterativo donde rara vez se llega inmediatamente a la solución dominante. Un grupo grande de opciones puede inicialmente ser reducido, pero, luego de combinar y mejorar los conceptos que quedan, puede expandirse nuevamente el abanico de posibilidades con características cada vez más viables. Luego de algunas iteraciones que el grupo considera prudente, se escoge una solución dominante.

Todos los equipos de desarrollo emplean algún tipo de método de selección, sea explícito o no, aun cuando solamente generan un solo concepto, que con frecuencia es escoger el primero que consideran. Los métodos varían en su efectividad dependiendo del tipo de producto. Algunos de los más empleados son ([11][37][39]):

- **Decisión externa:** se pasa la lista de conceptos al cliente, usuario, u otra entidad externa para la selección.

- **Campeón de producto:** (*product champion*) un miembro influyente en el equipo de desarrollo escoge el concepto basado en la preferencia personal.
- **Intuición:** El concepto se escoge por percepción y no se manejan criterios explícitos. El concepto seleccionado parece ser el mejor.
- **Votación:** Cada miembro del equipo vota por varios conceptos. Se escoge el que obtenga la mayoría de votos.
- **Encuestas:** Basadas en herramientas online, se levanta la opinión de varias personas a partir de puntajes que cada uno asigna a los conceptos.
- **Ventajas y desventajas:** El equipo lista las ventajas y desventajas, y se toma la decisión a partir de la opinión del grupo.
- **Pruebas y prototipos:** El equipo desarrolla y prueba prototipos de cada concepto (de un grupo reducido) y selecciona a partir de los datos de los experimentos.
- **Matrices de decisión:** El equipo califica cada concepto según unos criterios preestablecidos, los cuales pueden ser ponderados.

En el desarrollo de productos, principalmente tangibles, el método estructurado de *Matrices de Decisión* es ampliamente utilizado en la industria, debido a que ayuda a mantener la objetividad durante la etapa conceptual, y guía al equipo a través del un paso difícil, crítico y a veces emotivo en el PDP.

Dentro de las ventajas de un proceso estructurado para la selección, se puede mencionar que se facilita obtener:

- **Un producto enfocado al usuario:** Debido a que los conceptos se evalúan explícitamente contra criterios orientados al usuario, es altamente probable que el concepto seleccionado sea enfocado a él.
- **Un diseño competitivo:** Al realizar una referenciación competitiva (*benchmarking*) entre los conceptos con respecto a diseños existentes, los diseñadores empujan el concepto para igualar o superar a la competencia en aspectos claves.
- **Mejor coordinación entre producto y procesamiento:** Una evaluación explícita del producto frente a criterios de manufactura, mejora la manufacturabilidad y ayuda a armonizar el producto con las capacidades de procesamiento de la organización y sus aliados.
- **Reducción de tiempo para introducción del producto:** Un método estructurado se convierte en un lenguaje común entre diseñadores, ingenieros de manufactura, diseñadores industriales, especialistas de mercadeo y líderes de proyectos, resultando en menos ambigüedad, comunicaciones más rápidas y menos arranques en falso.
- **Toma de decisiones efectivas en equipo:** El proceso de selección de conceptos dentro del grupo de desarrollo puede afectarse por aspectos como: la filosofía organizacional y lineamientos de trabajo, la disponibilidad de los miembros para participar, y la experiencia de los mismos. Con un método estructurado, se estimula la toma de decisiones a partir de criterios objetivos y reduce la posibilidad de factores arbitrarios o personales influyendo en el concepto del producto.
- **Documentación del proceso de decisión:** Un método estructurado da como resultado un archivo listo y entendido entre las partes, del razonamiento detrás de las decisiones del concepto. El registro es de utilidad para articular nuevos integrantes en el equipo, y para evaluar rápidamente el impacto en cambios de las necesidades del usuario o en nuevas alternativas disponibles.

Para productos tangibles, en esta Guía se sugiere una metodología de selección de conceptos basada en dos pasos. La primera se denomina *Filtrado de Conceptos*, y puede ser suficiente para decisiones de diseño simples. La segunda es la *Puntuación de Conceptos*. En combinación, son metodologías practicadas para gestionar amplias colecciones de conceptos donde las decisiones no son triviales. Cada fase se soporta por una matriz de decisión empleada por el grupo para calificar, jerarquizar y seleccionar.

La aplicación de estos dos métodos son descritos en detalle por autores como *Eppinger y Ulrich* [11], *Rozenburg y Eekels* [38], y *Pahl y Beitz* [39]. El *Filtrado* es una evaluación rápida y aproximada para la comparación cualitativa, donde se apunta a dejar unas pocas alternativas viables de diseños conceptuales, que luego en la *Puntuación*, siguiendo un análisis más cuidadoso y cuantitativo de estas pocas alternativas, se busca escoger el mejor diseño conceptual que liderará el éxito de las siguientes etapas.

A pesar de que el método es estructurado, se resalta la importancia de la percepción y perspicacia que el grupo debe tener para mejorar y combinar los conceptos.

4.6.2.4.3. Diseño Industrial

La *Sociedad Americana de Diseñadores Industriales (Industrial Designers Society of America –IDSA)* [121] define el diseño industrial como “el servicio profesional para la creación y desarrollo de conceptos y especificaciones que optimizan la función, el valor y la apariencia de los productos, para el mutuo beneficio del usuario y el fabricante”. Aunque esta definición es lo suficientemente amplia para abarcar las actividades de todo el equipo de desarrollo, los diseñadores industriales, en la práctica, concentran su atención sobre la forma del producto y la interacción del usuario con éste, considerando aspectos como la estética, el estilo, la usabilidad y la ergonomía, entre otros [11].

A continuación se listan cinco objetivos importantes propuestos por el diseñador industrial norteamericano Henry Dreyfuss [122], en los que el diseño industrial puede contribuir durante el desarrollo de un producto:

- 1. Utilidad:** Las interfaces del producto con el hombre deben ser sanas y seguras, fáciles de usar e intuitivas. Cada elemento debe poseer una forma que facilite la comunicación de su función al usuario.
- 2. Apariencia:** Las formas, líneas, proporciones y colores se deben emplear para integrar el producto en un conjunto armonioso.
- 3. Facilidad de mantenimiento:** Los productos deben comunicar la manera como pueden ser reparados y mantenidos.
- 4. Bajos costos:** Las formas y las características establecen un gran impacto sobre el herramental y los costos de fabricación, por tanto deberán ser consideradas conjuntamente por el equipo.
- 5. Comunicación:** Los diseños de producto deben comunicar la filosofía corporativa y misión, a través de características visuales y de calidad.

Dentro del PDP aplicado a productos tangibles, particularmente aquellos en los que el grupo de trabajo posee experiencia con la tecnología y los principios funcionales del producto, y en los que además, el producto posee características fuertes de interacción con el usuario, las labores de diseño industrial comienzan en la fase de pre-desarrollo, específicamente en la presente etapa donde se lleva a cabo la conceptualización del producto. Por el contrario, si el producto involucra un alto nivel de innovación y algunos aspectos tecnológicos no son bien conocidos por los miembros del equipo en este punto, entonces la conceptualización se enfoca en entender aquellos principios funcionales y tecnológicos requeridos, y se recomienda entonces dejar para la *Etapa 3 de Desarrollo* las labores detalladas del diseño industrial.

En general, para gestionar la participación de las labores del diseño industrial en el PDP, conviene categorizar los productos tangibles en un rango definido por dos extremos [11]:

- a) Productos con alta prioridad de usabilidad:** Productos cuya principal ventaja está en la funcionalidad de su interface con el usuario o su apariencia estética. Estos productos por lo general tienen un alto grado de interacción con personas, por lo tanto las interfaces deberán ser seguras, fáciles de usar y de mantener.
- b) Productos con alta prioridad tecnológica:** Productos cuya principal ventaja se basa en tecnología o su habilidad para cumplir una función técnica específica, de forma independiente, o como parte de un sistema. Mientras que un producto de este tipo pueda requerir aspectos importantes de estética o ergonomía, el consumidor lo preferirá más por su desempeño técnico.

Rara vez un producto se clasifica en alguno de estos dos extremos, sin embargo, mientras más cercano el producto se clasifique al extremo (a) de alta prioridad en usabilidad, más temprano en el PDP debe iniciar el diseño industrial, pero si el producto tiende más al extremo (b) con alta prioridad tecnológica, y el componente de usabilidad es bajo o menos influyente para el éxito del producto en el mercado, entonces el diseño industrial se puede abordar brevemente en la etapa de desarrollo.

Esta actividad se contempla dentro del PDP del ICIPC con fines de conocimiento y completitud de los requisitos para el desarrollo de un producto particular que lo requiera, aunque históricamente, en la mayoría de los casos de desarrollo con acompañamiento del ICIPC para un cliente, éste último ya ha adelantado la mayor parte de esta

labor. El ICIPC por tanto, revisa el cumplimiento de esta actividad, recomienda que ésta se realice sino se ha cumplido o coordina su ejecución articulando las competencias necesarias, si el proyecto así lo requiere.

Finalmente, aunque su enfoque pueda parecer más inclinado hacia la forma que hacia la función, el diseño industrial no debe ser tomado a la ligera. Es importante tener presente también, que en el diseño industrial radican elementos importantes de propiedad intelectual relacionados con la apariencia y la forma, las cuales son características protegidas por el *Registro de Diseño Industrial* [43][123]. Desde este punto de vista, se debe tener cuidado de no incurrir en el riesgo de infringir características protegidas. Lo cual es una de las razones que justifican la inclusión de la revisión de propiedad intelectual existente, en el estudio del estado del arte que se debe realizar. Así mismo, este es un campo donde también puede haber oportunidades de innovación para el registro de propiedad intelectual, que el grupo de desarrollo puede explorar.

4.6.2.4.4. Validación de Conceptos

Durante el PDP se deben establecer varias oportunidades en el plan de trabajo para realizar lo que se conoce como espirales de interacción y validación con el usuario/cliente [9]. Estos son espacios concebidos para ayudar a mejorar la definición del producto a partir de sus necesidades, identificar elementos de mejora, y asegurar los factores influyentes en el producto que favorecen y garantizan la intención de compra en el mercado.

Dos espirales altamente recomendadas en el *pre-desarrollo* son precisamente las que se dan en el estudio de mercado (identificación de las necesidades) en la *Etapas 1 de Alcance*, y en la validación del concepto de diseño en esta *Etapas 2 de Caso de Negocio*. Con estas actividades el equipo tiene la oportunidad de revisar y refinar las dos grandes suposiciones que se entablan en la generación conceptual, antes de ser demasiado tarde, a saber:

- Que los usuarios entienden sus necesidades (o como mínimo, los problemas que requieren se les solucione, o los beneficios que buscan) y son capaces de verbalizarlas durante el estudio de mercado y de la *voz del cliente*.
- Que el equipo de desarrollo interpreta correctamente estas necesidades y realiza un buen trabajo al traducirlas en una solución técnica de producto, con calidad, diferenciación y desempeño adecuados.

Para evaluar la reacción del usuario, se le solicita a un grupo selecto de usuarios y clientes potenciales en el mercado objetivo, una respuesta, observando la impresión de satisfacción o insatisfacción, y opinión frente a un prototipo del concepto de diseño. Con esto se busca, por un lado, identificar posibles aspectos a mejorar, y por otro, ayudar a cuantificar el potencial de ventas. Robert Cooper [9] explica detalladamente estrategias para realizar esta validación con el usuario, y recomienda involucrar al cliente o usuario durante y después del desarrollo tanto como sea posible.

Para el ICIPC, cuando el tipo de proyecto lo requiere, esta actividad se orienta, por una parte a validar el concepto seleccionado con el cliente según las necesidades y requerimientos identificados; y por otra parte, a verificarlo técnicamente realizando el análisis de riesgo técnico (FMEA) que pueda tener el diseño conceptual del producto. A partir del resultado de este análisis de riesgo, se determina la pertinencia de realizar algunos experimentos físicos y/o computacionales simplificados para la verificación técnica preliminar de aspectos críticos del concepto, que de otra forma no sería posible (*proof of concept*), y que ayudan a mitigar dicho riesgo técnico. Adicionalmente, con esta herramienta, se establecen las pautas para un plan de verificación y validación de diseño a profundidad para las Etapas 3 y 4, donde se consolidan las *Especificaciones Finales*, como se explicó anteriormente.

En casos especiales, el equipo también puede decidir no llevar a cabo una verificación técnica de concepto en esta etapa, en particular cuando: el tiempo requerido para realizar las pruebas es muy largo en comparación con el ciclo de desarrollo del producto, o si la complejidad, costo y el tiempo requerido para ello exceden lo presupuestado para esta etapa.

Por otra parte, dentro de las actividades que se han sugerido en la Figura 30, se indica la importancia de comenzar, desde la conceptualización, a involucrar competencias y expertos de diferentes ámbitos para la fase de desarrollo [124]. Comenzando en esta etapa, es necesario monitorear el diseño desde diferentes ámbitos para mejorar el concepto seleccionado, continuando así un desarrollo viable económicamente y factible técnicamente. Algunos de estos ámbitos, son: la arquitectura de producto, el diseño para la manufactura, el diseño para el ensamble, el

diseño para el medio ambiente, etc. Mayor detalle sobre estos ámbitos se presenta en la *Etapa 3 de Desarrollo* (Sección 4.8.1.1.4) sobre el diseño para el ciclo de vida del producto.

Finalmente, la razón por la que la validación de conceptos le sigue a la selección de conceptos, es porque no es viable para el equipo de trabajo probar demasiados conceptos con el público o ambiente objetivo. Por tanto, es pertinente primero reducir el número de conceptos a unos pocos.

4.6.2.5. Estudios de estado del arte

El estudio de estado del arte hace parte de la búsqueda externa descrita anteriormente. Es una actividad esencial para gestionar y mitigar el riesgo, y potencializar oportunidades desde diferentes puntos de vista: técnico y tecnológico, social, financiero, normativo, regulatorio, político, comercial, etc. Consiste esencialmente en una búsqueda especializada, en forma tanto extensiva para abarcar cobertura en temas, tal como es sugerida en la *Etapa 0 de Descubrimiento* para ideas de nuevos productos; como también intensiva o detallada para profundizar en aspectos claves. En este estudio se investigan bases de datos de propiedad intelectual y de publicaciones científicas, se revisan aplicaciones comerciales y tendencias de mercado relacionadas, se evalúan posibles brechas en la tecnología que se pueden convertir en oportunidades, se identifican los retos más importantes para llevar las ideas a la práctica, se consideran los riesgos en diferentes áreas, como por ejemplo de infracción de propiedad intelectual, factibilidad técnica y tecnológica, y se observan posibles limitaciones en cuanto a aspectos regulatorios y sociales, entre otros.

Acorde con los lugares potenciales donde el producto o servicio estará presente, es importante que el estudio del estado del arte también incluya aspectos del ámbito nacional, local y regional, a fin de ayudar a identificar oportunidades o riesgos desde el punto de vista de existencia y disponibilidad de recursos, operaciones logísticas y acceso a proveedores, tecnología y competencias, a un costo razonable. Esta información alimenta la estrategia del producto, la gestión de riesgo del proyecto, e influye en las conclusiones y decisiones tomadas en la evaluación financiera y de negocio del producto.

Por su parte, en general los documentos de patente divulgan información técnica y tecnológica, clave en los estudios de estado del arte, al describir las invenciones conforme a los requisitos de la legislación sobre patentes. Estos documentos son fuente de información no solamente sobre lo nuevo (la invención), sino también sobre lo que ya se conoce (el estado de la técnica), y en muchos casos se hace en ellos un resumen de la historia de los avances tecnológicos conseguidos en el sector al que se refieren.

La utilización inteligente de esta información evita que las empresas, centros de investigación e inventores, dupliquen esfuerzos e inversiones en encontrar soluciones ya existentes a problemas técnicos. Así mismo, el usuario de esta información puede establecer si dichas innovaciones son útiles para mejorar su producto, y definir si es posible la incorporación de estas nuevas tecnologías en su empresa. De igual manera, si la tecnología que se desea emplear goza del privilegio de exclusividad, el solicitante puede identificar rápidamente quien es el titular del derecho para conseguir licencia de uso de la invención.

Las bases de datos y documentos de propiedad intelectual, en particular los de patente, pueden proporcionar información valiosa para fines tecnológicos, comerciales y de mercado, y legal, como se resume a continuación en la Tabla 8.

El mapeo de patentes (*Patent Mapping*), como lo explica la Organización Mundial de Propiedad Intelectual OMPI [93], es una técnica empleada para destilar e interpretar grandes cantidades de datos de patentes con frecuencia complejos, en una o varias formas de representación de mayor valor, con el beneficio de apoyar la toma de decisiones de negocio, oportunas y sustentadas. En otras palabras, el objetivo de esta práctica es generar información de inteligencia para actuar, a partir de información general.

Para inventores, el mapeo de patentes facilita conceptualizar el espacio de propiedad intelectual. Sirve como incentivo para la ideación de nuevos productos, y la selección de áreas de desarrollo para enfocarse, estableciendo el nivel de valor agregado y calidad de la tecnología, a la vez que el nivel de costo y dificultad de implementación.

Tabla 8. Algunos aspectos de utilidad de la información contenida en documentos y bases de datos de patentes [42].

Fines Técnicos / Tecnológicos	Fines Legales	Fines Comerciales
Conocer estado de la técnica y detectar nuevas tecnologías (Innovación).	Negociar licencias.	Identificar posibles socios comerciales.
Evitar duplicar esfuerzos en investigaciones y evitar incurrir en gastos innecesarios buscando lo que ya se conoce.	Conocer titulares de los derechos.	Reconocer el ciclo de vida de un producto.
Conocer la actividad inventiva en todos los sectores tecnológicos, clasificados en estructura normalizada internacional.	Negociar la adquisición de tecnología.	Vigilar y monitorear la competencia.
Identificar tecnologías de libre uso.	Evitar posibles infracciones.	Identificar nichos o segmentos de mercado.
Valorar la tecnología (Negociación). [91][92]	Evaluar la patentabilidad de las invenciones propias.	Realizar estudios de tendencia.
Encontrar nuevos usos de la tecnología (Diversificación).	Evaluar la posibilidad de obtener patente en el extranjero.	Encontrar nuevos proveedores.
Servir de base en áreas de Investigación y Desarrollo (I+D).	Hacer oposición a la concesión de otras patentes	Encontrar información con utilidad práctica.
Mejorar un producto o proceso existente.	Acceder a información actualizada	Evaluar (posibilidad de) la edad de la tecnología y evaluar la oportunidad comercial.
Hacer transferencia tecnológica.		Realizar Mapeo de Patentes [93]

Así mismo, por ejemplo si se identifica una considerable actividad inventiva soportada en aplicaciones y solicitudes (por ejemplo, del *Patent Cooperation Treaty -PCT*), y patentes otorgadas en un campo o área en particular, esto puede ser una señal de que investigadores de alguna parte del mundo están interesados en alguna oportunidad; más aún, que los administradores ven en estos campos suficiente potencial como para invertir tiempo y dinero en realizar aplicaciones para solicitar protección de la propiedad intelectual. De esta manera, se pueden identificar, no solo las áreas tecnológicas que están “de moda”, están emergiendo, o tienen buen potencial; sino también, las barreras o dificultades que pueden existir, evitando que la innovación sea fácilmente copiada o adaptada por otros.

Para mayor información acerca de búsqueda y análisis de propiedad intelectual, se recomienda visitar las páginas web de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) [42], la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) [43], la Oficina Europea de Patentes (EPO) [44], la Oficina de Patentes de los Estados Unidos (USPTO) [135], y la base de datos de *Google Patents*, entre otras.

4.6.2.6. Análisis Económico y Financiero

El estudio de mercado, la comprensión (identificación e interpretación) de las necesidades del usuario, el análisis competitivo, y las pruebas de validación de concepto, ayudan a establecer la definición del producto. Con el mercado objetivo ya más claramente definido; con el concepto del producto y la estrategia de posicionamiento confirmados en el grupo y/o por el cliente en el acompañamiento de su desarrollo; con los beneficios a entregar y la proposición de valor definidas y validadas, al igual que los atributos físicos del producto (características, especificaciones y requisitos de desempeño); y con la evaluación técnica preliminar realizada, que confirma la

factibilidad de existencia y disponibilidad de suministros, infraestructura y viabilidad de acceso y costos; lo que resta es una justificación financiera del proyecto antes de proceder de lleno a la *Etapa 3 de Desarrollo*.

En esta actividad se establecen en mayor detalle los argumentos y razones de competitividad para llevar a cabo el proyecto, al igual que se identifican las competencias y capacidades operativas internas que serán requeridas para el desarrollo y la realización del producto o servicio. Si el producto o servicio requiere de la articulación de aliados estratégicos para el suministro de insumos o complemento de competencias, es en esta actividad donde se inician las relaciones y se logran los acuerdos de condiciones contractuales que comenzarían en la siguiente etapa.

Así, en este punto ya se podría tener estimados razonables de los datos de entrada para el análisis económico y financiero. Siguiendo la lógica del esquema de la Figura 30, conociendo el tamaño del mercado, los estimados de participación, y un análisis de precio, se puede estimar el nivel de ingresos esperados. Además, como las características técnicas del concepto de diseño ya se han comenzado a decidir, es posible estimar un escenario preliminar de costos para su desarrollo, sus insumos y su elaboración (fabricación del producto o realización del servicio), y por consiguiente, es posible estimar una proyección de márgenes de utilidad del proyecto. Igualmente, de la evaluación técnica de operaciones para la elaboración del producto, ya se tiene idea de la infraestructura e inversión en capital que puede ser requerida.

A este punto también conviene comenzar a considerar y estimar algunos requerimientos de mercadeo, implementación y lanzamiento para la Etapa 5.

Todos estos datos son insumos importantes para *un escenario financiero base* que se construye para realizar una evaluación económica del proyecto y un posible análisis de sensibilidad, si es requerido. La evaluación económica del proyecto, plasmada en el escenario base, se debe refinar en la medida en que madura el proyecto y la información se hace más confiable. Dicha evaluación considerando elementos de 1) un análisis cuantitativo, y 2) un análisis cualitativo, se convierte entonces en un insumo para la toma de decisiones en las siguientes revisiones de computa.

Desde una perspectiva cuantitativa, dicha evaluación se puede llevar a cabo mediante cualquier técnica apropiada, aplicada dentro del campo de la ingeniería económica para evaluación de proyectos ([9][11][94][136]). Típicamente la modelación financiera suele basarse en alguno o en todos los siguientes tipos de análisis:

- **Tiempo de Retorno de la Inversión (Return of Investment ROI).**
- **Valor Presente Neto VPN (Net Present Value NPV).**
- **Tasa Interna de Retorno TIR (Internal Rate of Return IRR).**

En el enfoque cuantitativo, se consideran tanto las entradas del flujo de caja (ingresos), como las salidas (costos) en el ciclo de vida del nuevo producto o servicio exitoso. Las entradas provienen principalmente de las ventas del producto o servicio. Las salidas incluyen: los gastos para el desarrollo y para el sostenimiento del producto y del proceso; los costos de financiamiento; los costos de producción y puesta a punto de fabricación, tales como la compra de equipos e infraestructura; los costos de insumos, materiales, y mano de obra; los gastos de certificaciones y aprobaciones; las obligaciones tributarias; la promoción y la distribución; y las capacitaciones, entre otros.

Económicamente, los productos exitosos son rentables; esto es, generan mayor cantidad de entradas acumuladas que salidas acumuladas. La medida en que el ingreso acumulado es mayor que el gasto acumulado, es el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto. Este es un método fácil de entender y ampliamente utilizado en la industria para: la valoración disciplinada y estructurada de proyectos, la gestión de portafolio y la toma de decisiones operativas durante el transcurso del proyecto. El cálculo del VPN posee también la ventaja de que obliga al equipo de trabajo a evaluar objetivamente el proyecto y las decisiones que se toman, y a crear estimados realistas de cronogramas y presupuestos.

Aquí, nuevamente la gestión de riesgo cobra una alta importancia en el PDP. La actividad del análisis económico y financiero se suma a la justificación de revisar y actualizar en mayor detalle el registro de riesgo del proyecto. Para esta actividad, la gestión de riesgo hace énfasis tanto en los riesgos de desarrollo como en los riesgos financieros. Desde la óptica financiera, el riesgo se puede estimar y evaluar mediante un análisis de sensibilidad.

Para evaluar la sensibilidad de las interacciones de varios factores internos medibles del proyecto, una técnica práctica empleada en la industria se basa en tomar un modelo financiero como el VPN, y adoptar la suposición de que al variar un factor, los demás permanecen constantes (*ceteris paribus*). Las suposiciones adoptadas deben quedar explícitas y registradas en el informe para la compuerta. Algunos factores o inductores de costos más comunes en el análisis de sensibilidad de interacciones se ilustran en la Figura 33.

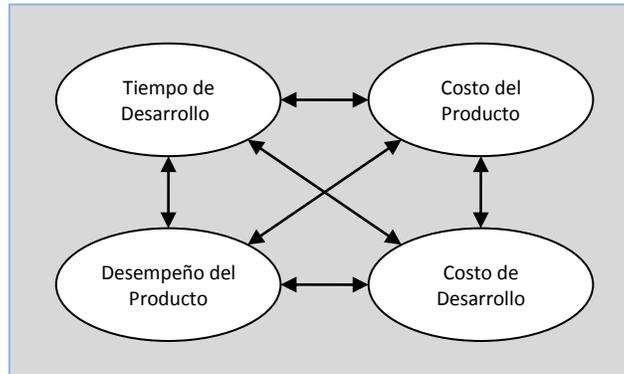


Figura 33. Interacciones entre factores internos en proyectos de desarrollo de productos [11].

A partir del análisis de sensibilidad de interacciones entre cada pareja de factores internos (seis interacciones en el caso más simple), se puede entender cómo se comportan las concesiones (*trade-offs*) entre los mismos para un determinado proyecto. Esta práctica se hace útil para estimar tendencias aproximadas que apoyan la toma de decisiones. Así por ejemplo, el reducir el tiempo de desarrollo, puede llevar a un decremento en la calidad del desempeño del producto; mientras que mayores exigencias en desempeño de producto, pueden llevar a un incremento en el costo del mismo.

Sin embargo, algunas de estas interacciones son más complejas que una simple concesión. Por ejemplo, el reducir el tiempo de desarrollo, puede implicar un incremento en los gastos de desarrollo. Pero un mayor tiempo de desarrollo, también puede conducir a un incremento de costos si la extensión se debe a un retraso en alguna tarea crítica, en lugar de una latencia planeada.

También, las interacciones son importantes, en general, debido al enlace que establecen entre factores internos y externos del proyecto. Por ejemplo, al permitirse mayores costos o tiempo de desarrollo, se podría esperar un producto superior y por tanto, un mayor volumen de venta o mayores precios. Así mismo, una reducción del tiempo de desarrollo puede permitir llevar más temprano el producto al mercado y por tanto tener un mayor volumen de ventas.

La modelación financiera permite entonces entender los inductores de utilidad claves del proyecto. No obstante, las técnicas cuantitativas como la modelación y análisis financiero, se basan en suposiciones, principalmente sobre factores externos propios del “ambiente” del proyecto, el cual cambia constantemente y puede influenciarse por las decisiones del grupo (nuestro o ajeno) de desarrollo, o por otros factores no controlables.

Es importante tener claro que el análisis cuantitativo, por naturaleza, considera solo lo que es medible, pero, muchos otros factores claves, que influyen en el proyecto, son complejos, inciertos y más difíciles de cuantificar. El análisis económico cualitativo del proyecto se enfoca en tales aspectos altamente importantes y difíciles de medir, particularmente al indagar sobre las siguientes relaciones [11]:

- **Interacciones entre el proyecto particular y la organización:**

Dos interacciones importantes entre el proyecto y la organización se dan a partir del contexto que tiene el proyecto dentro de la organización, estas son:

- 1) **Las externalidades:** Son beneficios o costos no cuantificables. Por ejemplo, los costos de aprendizaje y de lecciones aprendidas durante un proyecto, y la forma como estos benefician y generan valor en otro proyecto. En estos casos, ¿cómo se puede costear el gasto en aprendizaje de un proyecto,

sabiendo que beneficia a otros? o ¿cómo se deben considerar los beneficios de otros proyectos, obtenidos sin costo adicional para el actual?

- 2) **El ajuste estratégico (*strategic fit*):** Se busca que las decisiones tomadas dentro de un proyecto, no solo beneficien a este, sino que también sean consistentes con la estrategia del plan de producto y tecnología de la organización.

- **Interacciones entre el proyecto y el mercado:**

El ambiente del mercado no solo se impacta por las decisiones que toma el equipo de desarrollo, sino también por las que se toman en otros tres grupos, que son: la competencia, los clientes, y los proveedores.

- **Interacciones entre el proyecto y el ambiente macro (*macroeconómico*).**

Dentro de los factores macro que son importantes a tener en cuenta en el análisis cualitativo, se distinguen: 1) los grandes cambios económicos, 2) las regulaciones gubernamentales, 3) las tendencias sociales, entre muchos otros.

Existen muchos métodos para llevar a cabo el análisis económico cualitativo del proyecto [11][91], sin embargo, para la mayoría de proyectos de desarrollo, es suficiente la consideración y la discusión de las interacciones anteriores dentro de la gestión y registro del riesgo del proyecto. Luego, en conjunto con las consideraciones del análisis cuantitativo, contribuyen en la revisión de compuerta a determinar la prioridad relativa entre agilidad de desarrollo, gastos para el desarrollo, costos de fabricación o realización, y el desempeño del producto.

4.6.2.7. Gestión de Propiedad Intelectual

Una invención es la solución novedosa y no obvia que se da a un problema técnico y se obtiene como resultado de un esfuerzo intelectual. Una patente es un título de propiedad otorgado por el gobierno de un país, que da a su titular el derecho a impedir a otros la fabricación, venta y/o utilización comercial de la invención protegida por un tiempo determinado. A cambio de la protección que el Estado concede al inventor, éste debe revelar detalladamente la manera de realizar el producto y utilizar la invención [127].

Así, con base en los diseños conceptuales seleccionados, en esta etapa debe comenzar el proceso de decisión sobre consideraciones de registro de aspectos de propiedad intelectual o manejo de secretos industriales, de acuerdo al nivel de innovación alcanzado, la estrategia de las partes involucradas, los mercados objetivo, etc. Este proceso se debe terminar de consolidar en la siguiente etapa, con los detalles adicionales de la definición de la solución y antes de iniciar la inversión en infraestructura, insumos y otros elementos, de alto valor o tiempos de espera prolongados.

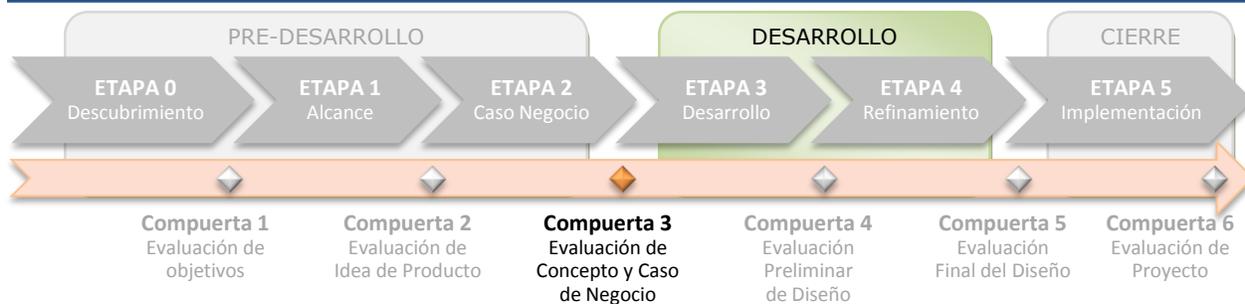
En proyectos de desarrollo colaborativo, especialmente cuando se accede a financiamiento externo, o se articulan otros grupos aliados de apoyo, es indispensable preparar, presentar, firmar y archivar ciertos contratos que establecen claridad sobre las limitaciones y privilegios en el uso de la propiedad intelectual involucrada, empleada o creada. Entre estos documentos se encuentran:

- Contratos de confidencialidad entre las partes.
- Acuerdos claros para la negociación de la tecnología desarrollada o empleada [91][92].
- Acuerdos de cesión de derechos sobre PI según sea necesario.

Esta Guía PDP recomienda la consulta de las cartillas actualizadas de “Guías para Propiedad Industrial” de la Superintendencia de Industria y Comercio –SIC [42], para mayores detalles actualizados sobre:

- Definiciones y conceptos de PI.
- Creaciones que pueden ser o no consideradas como invención.
- Tipos de protección de propiedad intelectual o propiedad industrial y sus características.
- Procedimientos, formularios y requisitos para llevar a cabo cada tipo de solicitud de registro.

4.7. COMPUERTA 3 – Evaluación del Caso de Negocio



Para evaluar el caso de negocio, algunas preguntas claves son: *¿Si justifica invertir en el desarrollo de las opciones de solución seleccionadas?, ¿Es el diseño conceptual propuesto y su plan de desarrollo una solución viable para el mercado objetivo?, ¿Qué tanta incertidumbre existe en los modelos técnicos y financieros de la solución?*

Al terminar exitosamente esta etapa, si la decisión de compuerta es *Continuar*, el nivel de riesgo del proyecto debe estar suficientemente controlado, y la probabilidad de éxito del proyecto debe ser alta y alcanzable. Si el proyecto lo requiere, en este punto es recomendable comenzar a buscar fuentes alternativas de financiamiento que ayuden a apalancar y promover el proyecto a través de las etapas finales de *Desarrollo*, *Refinamiento* y *Lanzamiento*.

Si se necesita acceder a fondos de financiación como *Colciencias*, es importante definir claramente el problema a resolver, o el tipo de producto a desarrollar. Existen guías para la formulación de proyectos que se destinan a concursar por dichos recursos, entre ellas se puede destacar la guía del DAAD (*Germany Academic Exchange Service*) [95]. Para mayores detalles en los lineamientos sobre la formulación de proyectos para concursar en Colciencias, el SENA, y otros, se sugiere revisar los términos de referencia de las convocatorias respectivas, y las guías de formulación de proyectos de cada entidad, que se pueden descargar de la página web respectiva.

Cuando el proyecto pasa la Compuerta 3, que es una compuerta rígida (Sección 4.1.2.4), se ingresa éste al portafolio de desarrollo y se monitorea periódicamente también en reuniones de revisión de portafolio de proyectos de desarrollo, pues es asumido que requiere de recursos y de gestión para continuar (Sección 4.1.7).

4.7.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Registro de necesidades y requerimientos identificados.
- Estudio refinado de estado del arte, análisis de propiedad intelectual, análisis de mercado y referenciación competitiva.
- Definición del producto o servicio de una o varias propuestas seleccionadas: Especificaciones, preliminares, lista preliminar de insumos o partes, registros de validación y verificación del concepto (*proof of concept*), y modelos técnicos preliminares con las suposiciones hechas.
- Registro de riesgo actualizado para el producto.
- Escenario financiero base con modelo de costos del producto o servicio, y análisis cuantitativo y cualitativo, con declaración de suposiciones.

4.7.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Plan de acción detallado para la Etapa 3, y uno preliminar actualizado para etapas siguientes, con identificación de recursos necesarios en tiempo, personal, competencias e infraestructura, y otros.
- Actualización de lista de implicados: beneficiarios, aliados, proveedores, usuarios.
- Propuesta de plan de mercadeo preliminar (si aplica según el tipo de proyecto).
- Registro de riesgo actualizado para el proyecto.
- Estrategia de gestión de propiedad intelectual.

4.8. ETAPA 3 – DESARROLLO



Como se introdujo en la Sección 4.1, el PDP concibe dos etapas en la fase de desarrollo. Una es la *Etapa 3 de Desarrollo* como tal, donde se lleva a cabo el plan de actividades, con énfasis en el trabajo técnico requerido, y se realiza el despliegue del diseño y verificación interna, a partir de las propuestas de diseño conceptual seleccionadas en la etapa anterior. La *Etapa 4 de Refinamiento*, es la otra etapa de esta fase, que, como se verá más adelante, permite al grupo de trabajo dedicarse a complementar la definición técnica del producto, con el diseño en detalle y las validaciones de satisfacción del cliente. Estas dos etapas son la oportunidad para revisar las especificaciones técnicas establecidas, terminar de consolidar aquellas especificaciones que aun están estimadas a manera de rangos difusos o con valores tentativos, precisar aquellas que aun no se han definido, y establecer tolerancias y criterios de calidad para las mismas.

Si la complejidad y el riesgo son altos, es prudente realizar estas dos etapas de manera individual, con la oportunidad de tener una revisión crítica de compuerta entre ellas. Pero si el riesgo de la fase de desarrollo es bajo, el PDP se podrá escalar, como se explicó en la Sección 4.1.6 y en la Sección 4.4.1.7, para fusionar ambas etapas en una sola. Dicho escalamiento se propone normalmente al inicio del proyecto, en la *Etapa 1 de Alcance*. Sin embargo, esta fusión debe reconsiderarse si durante el desarrollo del proyecto se determina pertinente debido a nuevos riesgos que se encuentren.

A partir del plan base de trabajo (*Baseline Work Breakdown Structure -WBS*), propuesto en la etapa anterior, en esta *Etapa 3 de Desarrollo* se realiza la definición completa y en detalle de la forma, la arquitectura y el funcionamiento del producto. También se realiza la selección de materiales, procesos y operaciones de todos los componentes, al igual que la identificación de los elementos estandarizados y la articulación de sus proveedores.

El plan de trabajo (WBS), se justifica en las necesidades de definición, integración, verificación y validación, del producto y de los elementos adicionales para su realización. Además, basado en el registro de riesgo, construido a lo largo del proyecto, propone las actividades, los responsables, los recursos, los entregables y los plazos. Este plan de trabajo se revisa y se actualiza en la presente etapa, evitando el “*Scope Creep*”. A su vez, el plan de trabajo se apoya en la coordinación de competencias y recursos que tiene el grupo a disposición. Por esto, una gestión para el desarrollo concurrente (Sección 2.7) puede ser considerada para agilizar el proceso, tanto para el uso eficiente de recursos internos, como para la articulación y cooperación con los proveedores y aliados ([52][82][83][89]).

4.8.1. Actividades de la Etapa

Esta etapa comprende una gran variedad de actividades que dependen del tipo de proyecto, algunas se incluyen en la Figura 34 para ayudar en la creación del plan de trabajo (WBS). Debido a la complejidad técnica en varias de estas actividades, es común que la etapa tenga una duración y un costo mayor que las anteriores, por lo que se recomienda incluir revisiones por pares (*peer reviews*) durante la etapa, antes de la compuerta, a fin de controlar el cumplimiento del cronograma y el presupuesto, monitorear el registro de riesgo y revisar los resultados de las actividades.

Una regla de sentido común es que si varios hitos o revisiones intermedias en la etapa son omitidos, o no cumplidos a tiempo por razones de fuerza mayor, el proyecto se pone en alerta ante la dirección, y el líder del proyecto agenda una reunión general de revisión para que los responsables y partes interesadas tomen una decisión sobre el proyecto ahora en problemas. De esta forma, los hitos también se pueden emplear para

identificar proyectos que se están desviando del curso y tomar acciones correctivas, antes de que el problema sea demasiado grave.

Generalmente, en esta etapa se destinan considerables esfuerzos de recurso de ingeniería para el diseño y la verificación. Por lo tanto, cuando sea pertinente, se deben emplear técnicas como el diseño de experimentos (*Design Of Experiments -DOE*), análisis estadísticos o el Análisis de Modos y Efectos de Falla (*Failure Modes and Effects Analysis -FMEA*), entre otras; que permiten programar el desarrollo y la verificación de manera eficiente, optimizando y priorizando el número de modelos y casos a considerar, según niveles de importancia y control. Es de recordar que el DOE no es un sustituto para el conocimiento técnico del sistema bajo investigación. Cuando se implementa DOE, debe combinarse con el entendimiento del producto y su operación, de manera que se seleccionan los parámetros correctos a investigar mediante la experimentación.

El diseño de experimentos es una técnica bastante útil en el *diseño robusto*, es decir, cuando se busca que el producto o proceso tenga un desempeño adecuado incluso bajo condiciones no ideales de ruido en las especificaciones y necesidades, tales como variabilidad en el proceso de manufactura, o en rangos establecidos de situaciones de operación [11][110]. En el diseño robusto, se emplea una combinación de experimentos, técnicas de análisis de datos, y el conocimiento técnico del sistema para identificar configuraciones robustas (*robust setpoints*) de parámetros de diseño que se pueden controlar. Una configuración robusta es por lo tanto, una combinación de valores de parámetros de diseño, en la cual, el desempeño del producto es adecuado bajo condiciones de variabilidad difícilmente controlables.

Debido a la complejidad de las variables que un sistema bajo desarrollo puede presentar, la experimentación es una actividad particular donde con frecuencia el grupo de desarrollo se articula con expertos en DOE, o vincula miembros a su equipo con competencias en diseño y análisis de experimentos.

Por otra parte, en esta etapa se emplean herramientas computacionales para traducir en formas de información digital, las ideas del diseño a las que se llegaron durante el desarrollo conceptual, a fin de poderlas manipular y adaptar a diferentes propósitos como: análisis, verificación ingenieril, prototipado, validación con el cliente y manufactura. Toda esta información se almacena y controla en el sistema de gestión de datos y conocimientos del producto (*Product Data Management PDM, Product Development System PDS*), como parte de la definición de producto, que se construye en el ciclo de desarrollo de la solución. En el caso del ICIPC, este sistema es el SIGEC en *Microsoft SharePoint*.

Dentro de las formas de información que definen el producto, como las que se mencionaron en la Sección 2.8, están los modelos geométricos construidos con herramientas CAD (*Computer-Aided Design*), que hacen parte de un espectro amplio de herramientas para la ingeniería asistida por computador (*Computer-Aided Engineering CAE*). Los modelos geométricos se realizan en diferentes niveles de detalle, desde modelos con simplificaciones, consideradas bajo criterios de ingeniería, destinadas para el análisis, simulación y predicción del desempeño y comportamiento del sistema y sus componentes; hasta los más detallados, para indicar requerimientos en dimensiones y forma, tolerancias de manufactura y ensamble, y otros detalles esenciales, que se crearán durante la *Etapa 4 de Refinamiento*.

Los modelos de simulación se construyen para considerar los efectos de los fenómenos físicos que experimenta el producto, bajo condiciones impuestas por las especificaciones y necesidades, tanto en el ambiente de uso, como también en otros ámbitos del ciclo de vida, acorde con los objetivos de verificación y los riesgos. En casos donde se requiere cumplir con procedimientos para la calificación, aprobación y/o certificación del producto (*product qualification*), también se realizan simulaciones con condiciones extremas, exigidas por normas. Para llevar a cabo estos estudios, se emplean herramientas de predicción y simulación computacional, como el Análisis por Elementos Finitos (*Finite Element Analysis -FEA*), entre muchas otras opciones.

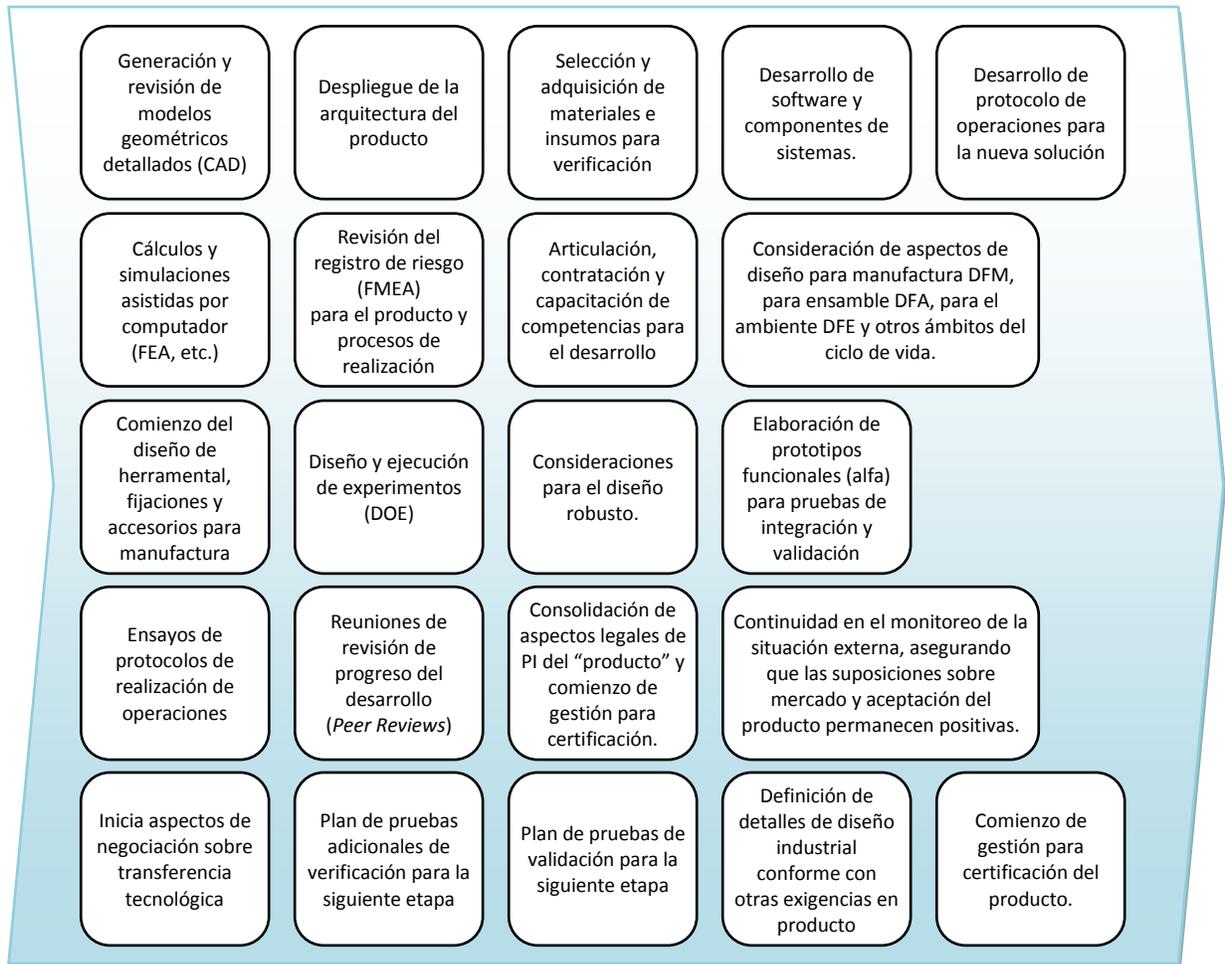


Figura 34. Actividades comunes dentro de la Etapa 3 de Desarrollo en el PDP Elementos para el detalle del plan de trabajo (Work Breakdown Structure WBS).

Es importante resaltar que el uso de técnicas de simulación no debe ser tomado a la ligera. Se requiere un adecuado entendimiento de diversos factores para construir y calibrar los modelos con datos confiables, a fin de que los resultados obtenidos con los cálculos aproximados sean de utilidad dentro del proceso de verificación y predicción ingenieril. Algunos de estos factores son los siguientes:

- Entendimiento de la fenomenología relevante del problema, y del alcance y aplicabilidad del tipo de análisis y de los resultados.
- Conocimiento de los modelos constitutivos de los materiales, sus rangos de validez, al igual que sus limitaciones y suposiciones.
- Disponibilidad de información adecuada para el problema, obtenida en condiciones apropiadas para el análisis computacional que busca simular la situación real, tales como: propiedades de los materiales, condiciones de frontera, condiciones dinámicas, condiciones ambientales, etc.
- Conocimiento de las características, limitaciones y nivel de error del método de solución.
- Competencias desarrolladas y experiencia aplicada en el uso del método y las herramientas de cálculo, para la adecuada construcción del modelo, adopción de suposiciones y simplificaciones, la aplicación de las técnicas de solución y la obtención de resultados coherentes.
- Acceso a datos y experimentos, que permitan verificar y correlacionar resultados con la realidad.

En el ANEXO 9.4 se incluye una lista de chequeo, elaborada para esta Guía PDP del ICIPC, para verificar algunos de los aspectos más importantes en el uso de herramientas computacionales, particularmente en FEA para análisis mecánicos. Las listas de chequeo para cálculos de ingeniería y simulaciones computacionales, facilitan el

reconocimiento de factores importantes y reducir el error, y son una guía para llevar trazabilidad de la integridad de la información dentro del proceso de desarrollo. Estas listas se deben mantener actualizadas con periodicidad, en la medida que se recopilan lecciones aprendidas; y se deben emplear las últimas versiones aprobadas y disponibles en el SIGEC, acorde con el tipo de problema a resolver. Adicionalmente, se sugiere incluir estas listas diligenciadas dentro de los documentos que se presentan en la Compuerta 4.

En el contexto de una solución intangible como un servicio o un software, se incluyen en esta etapa actividades de definición de procedimientos y operaciones del mismo, la consecución de insumos y equipos, y la contratación y capacitación de competencias, entre otros. Además, se realizan algunas pruebas piloto de validación internas de la solución (versión *alfa*).

4.8.1.1. Diseño para la Realización

Generalmente en la ejecución de proyectos de desarrollo, la mayoría de los costos se incurren en las fases de desarrollo e implementación del ciclo de vida, independiente de si se trata de productos tangibles o intangibles. La “realización” del producto típicamente se lleva entre el 75 y el 90% de los rubros, dependiendo de factores tecnológicos e industriales del proyecto [98]. Por esto, debe apoyarse cualquier idea que pueda reducir los costos de crear los entregables del proyecto.

En sectores industriales, como el de procesamiento de polímeros, donde se requieren tiempos considerables para la fabricación de componentes y herramental para la obtención del producto, las prácticas de diseño efectivo pueden reducir significativamente los costos de producción. Por tanto, es claro que los especialistas de manufactura deben tener una participación activa, no solo en la fase de desarrollo, sino también, comenzar a articularse desde la fase de pre-desarrollo y conceptualización.

4.8.1.1.1. Despliegue de la arquitectura del producto

El despliegue de la arquitectura es la asignación de los elementos funcionales del producto, identificados en el desarrollo de la estructura funcional durante el diseño conceptual de la etapa anterior, a componentes físicos y constructivos del producto ([11][38][39][87]). Por consiguiente, el propósito de la arquitectura del producto es definir los elementos constructivos en términos de lo que deben hacer y de las interfaces que tienen con el resto del artefacto.

Un producto tangible puede verse tanto desde una óptica funcional como desde una óptica física. Los “elementos funcionales” de un producto son las operaciones individuales y transformaciones que contribuyen al desempeño global del producto. En cambio, los “elementos físicos” son las partes, los componentes y sub-ensambles que finalmente implementan las funciones del producto, que se definen progresivamente con el avance del desarrollo. Algunos elementos físicos se determinan en el diseño conceptual del producto, y otros se definen durante las etapas de desarrollo en detalle y refinamiento del diseño.

Si los elementos físicos del producto están organizados por componentes constructivos mayores llamados “bloques” [11], y cada bloque se compone de una colección de partes que implementan las funciones del producto, se dice entonces, que la arquitectura del producto establece el esquema mediante el cual los elementos funcionales del producto están organizados en bloques físicos y la manera cómo éstos interactúan. De esta forma, el tipo de arquitectura de un producto puede variar en un rango de clasificación, cuyos extremos son: la configuración modular y la configuración integral.

- Una arquitectura altamente modular es aquella en que cada elemento funcional del producto es implementado por exactamente un bloque físico, y donde existen unas cuantas interacciones bien definidas entre los bloques.
- En una arquitectura integral los elementos funcionales del producto se implementan en más de un bloque, y un bloque puede desempeñar diversas funciones a la vez. Este tipo de configuración muchas veces se considera para maximizar el desempeño. Los bloques se encuentran estrechamente relacionados entre sí, y con frecuencia las fronteras entre los bloques son difíciles de identificar o no existen.

La configuración modular permite, en caso de un cambio requerido en el diseño, que se éste se realice exclusivamente sobre un bloque físico, sin necesidad de afectar a los demás. En la configuración modular, el diseño de cada bloque puede ser prácticamente independiente. Por el contrario, en la configuración integral, se combinan muchos elementos funcionales en unos cuantos bloques físicos, con el fin de optimizar algunos aspectos de desempeño; sin embargo, en este caso, las modificaciones que se realizan en un elemento constructivo o función particular, pueden requerir un rediseño considerable de todo o gran parte del producto.

La modularidad es una propiedad relativa de la arquitectura de un producto. Un producto difícilmente es completamente modular o completamente integral, más bien, es una característica comparativa entre diferentes conceptos de producto.

La arquitectura de un producto comienza a definirse desde la etapa del desarrollo conceptual, de manera informal mediante bosquejos (*sketches*), diagramas funcionales y prototipos preliminares. Generalmente, la madurez de la tecnología en la que el producto estará basado, determina si la arquitectura se define desde la etapa del diseño conceptual, o desde la etapa de desarrollo en la que se desglosan los requerimientos del nuevo sistema. Cuando el producto es una mejora incremental de un concepto existente, la arquitectura prácticamente se define desde el desarrollo conceptual, debido a que las tecnologías básicas y principios funcionales del producto ya se encuentran predefinidos, dejando así que el diseño conceptual se enfoque en mejorar las formas de corporificar el concepto. En cambio, cuando un nuevo producto involucra aspectos de innovación radical, el desarrollo conceptual se enfoca en explicar los principios funcionales y la tecnología en que se basará el producto, dejando la prioridad de la arquitectura de producto para la etapa de desarrollo.

La arquitectura se convierte así en una de las decisiones en el desarrollo que genera un gran impacto en una variedad de aspectos de diseño en el ciclo de vida del producto, tales como: la facilidad de manufactura (*Design For Manufacturing -DFM*) y ensamble (*Design For Assembly -DFA*), representada en costos, complejidad y tiempo; la facilidad para el mantenimiento; la habilidad para poder ofrecer variantes y opciones del producto; la facilidad con la que se pueden gestionar cambios de diseño que resulten necesarios, o la facilidad con que se pueda actualizar y complementar el producto. Así mismo, la arquitectura impacta aspectos como la flexibilidad de uso, la compatibilidad con elementos estandarizados en diferentes medios o mercados, la amigabilidad con el medio ambiente, e incluso, las posibilidades de aprovechamiento de oportunidades en propiedad intelectual, entre muchos otros factores.

Desde el punto de vista del proceso y gestión de desarrollo del producto, las decisiones relacionadas con la arquitectura también determinan la facilidad con que el diseño en detalle y las pruebas de estos elementos constructivos se puedan asignar a diferentes grupos de trabajo, individuos y/o proveedores, de manera que el desarrollo de cada componente se pueda llevar a cabo de forma concurrente.

4.8.1.1.2. Diseño para la manufactura

En la presente etapa se fortalece el trabajo concurrente entre el equipo desarrollador del producto y el equipo desarrollador del proceso y herramental. Esto con el fin de que la solución incluya los aspectos necesarios de diseño para la realización. Por consiguiente, a partir de los proveedores seleccionados en la etapa anterior, se elige y se desarrolla el aliado correspondiente para el apoyo en el diseño y realización.

El proceso para incorporar esta experticia al desarrollo se llama diseño para la manufactura (*Design For Manufacturing -DFM*). El objetivo de DFM es optimizar el diseño lo más temprano posible, para considerar los procesos que se emplearán para realizar y fabricar los entregables, y contribuir a reducir los riesgos en la realización del producto. Adicionalmente, DFM se enfoca en reducir los costos de manufactura, a la vez que mejora (o al menos no compromete negativamente) la calidad del producto, el tiempo y el costo de desarrollo.

Esta práctica representa muchas veces un reto para las personas dedicadas al diseño, como también para quienes se dedican a la implementación y realización, ya que existen diferencias fundamentales entre estos dos tipos de roles en el proceso de desarrollo. Lograr una interacción eficiente y productiva de estos dos roles, es una labor clave para el líder del trabajo de diseño y desarrollo.

Es importante también reconocer que para un óptimo DFM, éste debe comenzar desde las etapas en la fase de pre-desarrollo, cuando se están generando conceptos para las varias soluciones que puede tener el producto. No tiene sentido seleccionar un diseño conceptual para proceder al desarrollo en detalle, si el concepto escogido no se puede soportar en las capacidades existentes de la organización para realizar los entregables, o por lo menos los aspectos de alto valor agregado de los entregables. Cuando menos, el DFM permite tener una discusión lógica sobre las concesiones a tomar, en cuanto a los costos de una nueva capacidad de manufactura versus los atributos del diseño que pueden crear mayor valor agregado al producto final.

Así, el éxito del DFM se puede asegurar al reconocer y actuar sobre el hecho de que pueden existir diferentes culturas entre el diseño y la manufactura. El principal obstáculo que esta diferencia puede generar, es el de la comunicación, pero existen por lo menos dos formas clave para mejorar este aspecto entre los dos grupos de trabajo [89]:

- **Planificar para la comunicación:** Esto significa identificar en qué lugares del proceso de desarrollo del proyecto, el DFM tendrá mayor impacto; típicamente mientras más temprano mejor. Luego asegurar que se incluyen oportunamente tareas para DFM en el plan de trabajo. Esto implica, incorporar en el cronograma, actividades y talleres para DFM, según lo requiera el proyecto.
- **Asegurar un entendimiento común:** Muchas veces puede no ser obvio para los diseñadores, que las capacidades requeridas en procesos de manufactura, para realizar la solución, pueden no existir, más aún, cuando se trata de un tercero quien se encarga de la realización. Esta falta de conocimiento sin embargo, también se encuentra cuando la realización se va a hacer “en casa” (*in-house*). De igual manera, los especialistas de manufactura, con frecuencia, no son consientes de las razones específicas sobre porqué una característica de diseño particular es necesaria para crear valor agregado para el cliente.

Son de esperarse entonces, las diferencias de conciencia entre los diseñadores y realizadores, y es una responsabilidad de los líderes del proceso de diseño gestionar el proceso de DFM efectivamente para el bien de la organización misma, y también del cliente.

4.8.1.1.3. Diseño para el ensamble

Otro proceso importante en la gestión del desarrollo es el diseño para el ensamble (*Design For Assembly -DFA*). Una gran parte de los costos de realización de una solución de diseño se invierten en el tiempo necesario para el ensamble de los diversos componentes que pueden integrar el producto. En muchas industrias, tales como la aeroespacial, la minera, la de energía, la automotriz, y la de manufactura de bienes de consumo, entre muchas otras, el tiempo de manufactura se afecta fuertemente por la facilidad del ensamble del producto final. Consecuentemente, los especialistas o las competencias en procesos de ensamble se deben articular en el proceso de diseño en la misma manera que los de manufactura para el DFM.

No debe sorprender que las diferencias de cultura entre diseñadores y especialistas de ensamble también sean tan evidentes y comunes en el proceso de DFA como lo son en el de DFM. Sin embargo, la comunicación entre los dos grupos en DFA se facilita de la misma forma que en DFM: Planificar la comunicación, y crear una situación donde se pueda generar un entendimiento común.

De la mano con la definición de la arquitectura del producto, los procesos de gestión para DFM y DFA, claramente interactúan y afectan la solución de diseño escogida. Es muy posible que una opción de diseño conceptual escogida y optimizada para la manufactura sea difícil de ensamblar, agregándole tiempo, y por tanto costo al proceso que realiza el producto final. También, de forma inversa, un diseño optimizado para el ensamble puede ser costoso o incluso imposible de fabricar empleando las capacidades de manufactura disponibles. Por lo tanto, es responsabilidad del líder y su grupo de diseño, junto con la participación del cliente/usuario, asegurar que se toman las concesiones y compromisos (*trade-offs*) adecuados, entre un diseño que busque un máximo valor al cliente y una configuración de arquitectura de producto que busque efectividad y bajo costo en la manufactura, y la facilidad para el ensamble.

4.8.1.1.4. Diseño para el ciclo de vida del producto

Adicional a las consideraciones para la realización de productos tangibles que el grupo de desarrollo debe tener en cuenta durante el diseño y el despliegue de la arquitectura, también existen otros ámbitos para los cuales se hace cada vez mas importante optimizar el producto, a fin de lograr una posición competitiva en el mercado, e incluso, la autorización para entrar en él. Descritos en detalle por Pahl y Beitz [39], algunos de estos ámbitos son: el diseño para el mantenimiento, el diseño para mínimo riesgo, el diseño para el desgaste, el diseño ceñido a normas estandarizadas, el diseño para la ergonomía, el diseño para la estética, etc.

Por otro lado, uno de los ámbitos del diseño más importantes hoy en día es el diseño para el medio ambiente (*Design For Environment -DFE*), también conocido como el diseño sostenible o el *ecodiseño* ([11] [84] [85] [111] [113]). Actualmente, se ha vuelto cada vez más prioritaria la conciencia de protección al medio ambiente, en particular, para los sectores industriales que miran a los polímeros y materiales compuestos como una alternativa versátil con ventajas para satisfacer necesidades prácticas de diseño, y con facilidades relativas de manufactura en serie y conformación de los productos, al igual que la reducción de costos de fabricación y la posibilidad de obtener buenas relaciones de propiedades de desempeño versus peso, entre otros aspectos.

Precisamente, el impacto al medio ambiente que puede tener la realización de un producto, se debe tener en consideración al momento de evaluar los riesgos del proyecto, comenzando la identificación de éstos desde la fase de pre-desarrollo. Muchas veces el DFE aparece dentro de las prioridades de los planes estratégicos de desarrollo de las empresas, con motivaciones diversas para un diseño amigable con el medio ambiente y el ser humano [114][120]. Desde el punto de vista interno a la organización, algunas de estas motivaciones son por ejemplo: calidad del producto, imagen pública de la empresa, reducciones en costo, innovación, seguridad en las operaciones, y responsabilidad ética y social, entre otras. Desde el punto de vista externo, las motivaciones pueden provenir de frentes como: la legislación ambiental, la demanda del mercado, la competencia, asociaciones y agremiaciones, la relación con proveedores, el comportamiento de consumidor y las presiones sociales.

En el avance hacia el desarrollo de productos y procesos amigables al medio ambiente, se han propuesto varios métodos y herramientas, entre ellas, la familia de normas ISO14000 para la gestión orientada al medio ambiente y el análisis y evaluación de ciclo de vida (*Life Cycle Analysis -LCA*) [115][116]. Estas herramientas buscan ayudar a quienes desarrollan productos a re-pensar las formas como se producen los bienes, para mejorar la competitividad y las ganancias, al tiempo que se reducen los impactos al medio ambiente.

Otro ejemplo, son las prácticas recomendados por autores reconocidos como William McDonough y Michael Braungart [112], cuyos lineamientos han sido aplicados por empresas pioneras en innovación como *Herman Miller* y *SteelCase*, entre otros; su enfoque se basa en tres áreas claves del diseño del producto buscando evaluar las siguientes preguntas:

- **La química de los materiales:** ¿Qué componentes químicos tienen los materiales específicos del producto? ¿Son sanos para los humanos y el medio ambiente?
- **Posibilidad de desensamble:** ¿Es posible desensamblar los productos al final de su vida útil con el propósito de reciclar sus materiales?
- **Reciclabilidad:** ¿Los materiales empleados poseen contenidos reciclados? ¿Se pueden separar fácilmente los materiales en categorías de reciclaje? ¿Se pueden reciclar los materiales al final de la vida útil del producto?

Una actividad importante en la formulación del plan de trabajo para el desarrollo y los objetivos del proyecto, es entonces la fijación de metas relacionadas con DFE, enfocadas a mejorar la obtención de un producto sano para el hombre y el medio ambiente, y que adicionalmente apunten a reducir la huella de carbono del producto, es decir, la suma de todas las emisiones de gas de invernadero asociadas con el producto en todo su ciclo de vida [119]. Estas metas se pueden establecer a partir de las etapas del ciclo de vida del producto, entendiendo cómo cada una de estas etapas puede afectar al medio ambiente.

En el ANEXO 9.4 se presentan algunas recomendaciones para el DFE, según cada etapa de ciclo de vida del producto (materiales, producción, distribución, uso y recuperación), basados en el estudio de la doctora Cassandra Telenko de la Universidad de Texas en Austin [117][118]. Obviamente, estas recomendaciones son dadas casi exclusivamente desde la óptica de la sostenibilidad medioambiental, sin embargo, deben considerarse en el contexto de los demás requisitos y prioridades funcionales del producto, y buscar el mejor balance. Por ejemplo, si

el producto requiere que el desensamble no sea trivial para evitar riesgos por vandalismo, entonces, las recomendaciones acerca de presencia de indicaciones explícitas en el producto sobre cómo desensamblarlo, o la consideración de características que faciliten el desensamble para reciclaje y reutilización, deberán ser evaluadas dentro de unas concesiones (*trade-offs*) discutidas y argumentadas para el fin práctico y validación del producto.

Para la revisión de Compuerta 4, se recomienda realizar una evaluación de los lineamientos para el DFE y otros ámbitos que sean pertinentes según el nivel de riesgo que presentan, y suministrar una lista de chequeo para el producto en desarrollo.

4.8.1.2. Modelo “Vee” para el ciclo de desarrollo y refinamiento

El Modelo “Vee”, diseñado por Forsberg, Mooz y Cotterman [100][102], es un esquema para facilitar el entendimiento de la complejidad asociada con el desarrollo de la solución de innovación (sistemas, productos y procesos). Representa el ciclo de desarrollo, describiendo mediante una gráfica en “V” la secuencia lógica y relación entre las actividades y resultados esenciales. Como se muestra en la Figura 35, el lado izquierdo de la “V” representa la descomposición de los requerimientos en componentes o características, y la creación de las especificaciones del sistema o solución. El lado derecho de la “V” representa la integración de las partes, la verificación de éstas y del sistema, y la validación de la solución.



Figura 35. Modelo "Vee" [102] adaptado para las etapas de *Desarrollo y Refinamiento* del PDP.

Para las etapas de *Desarrollo y Refinamiento* del PDP, resulta útil entender y tener presente este esquema para dar sentido lógico a las actividades iterativas que se seleccionan. Este proceso hace énfasis en emprender de forma eficiente, solo actividades que contribuyan a poder verificar y validar el cumplimiento de especificaciones y requerimientos, de forma que, a cada tarea destinada para el diseño y pruebas, se le asocie al menos la verificación de una especificación o requerimiento; y de igual manera, que cada especificación y requisito establecido sea atendido por al menos una tarea de diseño o de prueba.

4.8.1.2.1. Pruebas de Integración

La preparación para la verificación y validación comienza con la planeación de la integración. Se identifican las interfaces implicadas y se consideran las necesidades de integración, a partir del desglose de la estructura o arquitectura del producto (*Product Breakdown Structure -PBS*). Al igual que para los componentes individuales del sistema, deben gestionarse y verificarse el desempeño y la configuración de las interfaces entre ellos.

En la gestión de las interfaces y pruebas de integración se recomienda considerar los siguientes aspectos:

- *Identificar las interfaces en el desglose de la arquitectura del producto.*
- *Definir en el plan de trabajo (Work Breakdown Structure -WBS) las actividades de integración y verificación de interfaces en cada nivel de la arquitectura, incluyendo actividades requeridas para la creación de componentes intermedios para ensamblar el producto final (ej. fijaciones, modelos, drivers de software, bases de datos).*
- *Diseñar las interfaces para ser robustas y tan simples como sea posible.*

- *Incorporar mecanismos para prevenir el acoplamiento inadecuado o involuntario.*
- *Comprobar las interfaces por medios no destructivos antes de realizarse el acoplamiento.*
- *Realizar revisión (peer review) de aprobación antes de cualquier acoplamiento de alta complejidad.*
- *Evitar la prisa sin precaución.*

En sistemas de soluciones nuevas, se recomienda una integración secuencial, de manera que se pueda verificar un componente a la vez y su efecto en el sistema. Esto permite, en muchos casos, resolver anomalías de forma rápida y directa, lo cual es más difícil cuando se realiza una integración en grupo de los componentes. Sin embargo, para sistemas conocidos y verificados, se puede practicar la integración grupal para buscar ahorro en costos y tiempo.

Otras formas de integración incremental, muy comunes también en el desarrollo de software pero no limitadas a este tipo de productos, se basan en esquemas de tipo *Top-Down*, *Bottom-up*, secuencias lógicas funcionales (*threads*) y combinaciones de las anteriores [99]. En cualquier caso, antes de iniciar la integración, debe verificarse cada componente acorde con sus especificaciones respectivas.

4.8.1.2.2. Verificación Técnica y Validación con Cliente

Como se introdujo en la Sección 4.1.8, la verificación es la prueba de que la solución en desarrollo cumple las especificaciones técnicas establecidas. También, puede ser la demostración de que existen deficiencias en el diseño que requieren de acción correctiva. Dichas especificaciones pueden imponer requisitos sobre: un desempeño nominal, sobre un margen de diseño, sobre la confiabilidad, la durabilidad o vida útil, e incluso sobre otros factores de desempeño en los diferentes ámbitos del ciclo de vida.

Según los objetivos de verificación, se suelen realizar cualquiera de las siguientes cuatro técnicas [99]:

- **Verificación por pruebas:** Medición directa del desempeño de la especificación en relación a requisitos funcionales. Se mide la conformidad con la métrica de la especificación.
- **Verificación por inspección:** Prueba de conformidad con las especificaciones que son fácilmente observables, tales como detalles constructivos, acabados, dimensiones, configuración y características físicas como el color, forma, lenguaje de programación (estilo y disciplina) y documentación (conformidad con dibujos, esquemas e instructivos de configuración).
- **Verificación por demostración:** Pruebas mediante la evidencia de la operación bajo condiciones simuladas, sin necesidad de medición de datos o análisis post-demostración.
- **Verificación por análisis:** Evaluación del desempeño usando algún método lógico, matemático o gráfico, o mediante la extrapolación de modelos de prueba a escala completa.

Por otra parte, la validación es la prueba de que el cliente se satisface, pese a que se cumplan o no las especificaciones. Ocasionalmente, un producto puede cumplir con todas las especificaciones requeridas y aún ser rechazado por el cliente, usuario o mercado, y por tanto no es validado. Esto puede suceder debido a que, en la traducción y monitoreo de necesidades del usuario a especificaciones técnicas, hubo alguna falencia u omisión.

Así pues, de acuerdo con el tipo de solución en desarrollo, y determinado por factores como la complejidad tecnológica, el nivel de innovación y nivel de afinidad con las necesidades del mercado, es posible que las especificaciones técnicas se terminen de refinar dentro de un proceso iterativo planificado, considerando el Modelo "Vee", con actividades repartidas entre la *Etapa 3 de Desarrollo* para el diseño y verificación interna, y actividades de la *Etapa 4 de Refinamiento* para la validación externa. Así, los resultados en la Etapa 4 complementan los de la Etapa 3, consolidándose la definición técnica del producto y asegurándose la calidad y satisfacción del cliente o usuario final.

Con esto se reitera que la inversión debe ser incremental dentro del PDP, y se advierte que proceder a realizar validaciones externas puede implicar altos riesgos y costos si aun no se ha llevado a cabo una suficiente verificación para tener certeza sobre detalles técnicos del producto y el cumplimiento de las especificaciones.

4.8.1.3. Revisión del caso de negocio

En forma paralela y concurrente a las actividades de revisión y refinamiento que se hace a los modelos técnicos del producto, se revisan y actualizan los modelos del análisis financiero y de operaciones considerados en la etapa anterior, y el costo estimado de la producción se revisa a partir de consideraciones de diseño para la realización (manufactura y ensamble).

Así mismo, se comienzan a preparar los planes de operaciones y de lanzamiento al mercado, incluyendo las necesidades en infraestructura, que serán refinados y puestos en marcha en las siguientes etapas de *Refinamiento y Lanzamiento*.

En esta etapa también se da continuidad al monitoreo de la situación externa, asegurando que las suposiciones sobre mercado y aceptación del producto permanecen positivas, y en caso de identificar algún riesgo nuevo en este aspecto, se debe presentar en la revisión de compuerta para decidir cómo gestionarlo.

4.8.1.4. Consolidar aspectos legales de producto y producción

En esta etapa se procura terminar de gestionar todos los aspectos legales relacionados con la propiedad intelectual del producto y/o los procesos involucrados, por ejemplo, la creación de registros de propiedad intelectual y los acuerdos de licencias y regalías [42]. En general, el tema de negociación de tecnología, que debió comenzar en la etapa anterior, continua siendo importante hasta el final del proceso de desarrollo, e incluso más allá, según los convenios sobre licenciamiento y regalías acordados [91][92].

Adicionalmente, como se explicó en la etapa anterior, deben disponerse y firmarse contratos de confidencialidad entre las partes, sobre el proyecto y sus elementos de innovación, al interactuar con posibles nuevos proveedores, al igual que la firma de contratos de cesión de derechos sobre propiedad intelectual que se genere dentro del proyecto por parte de un contratista o empleado, según las características del proyecto y las políticas de las partes.

Para productos que requieren ser certificados bajo regulaciones y normatividad para la autorización de entrada en el mercado objetivo, se comienza en esta etapa el proceso de verificación y gestión de trámites para la certificación.

4.8.1.5. Consideraciones en desarrollos colaborativos

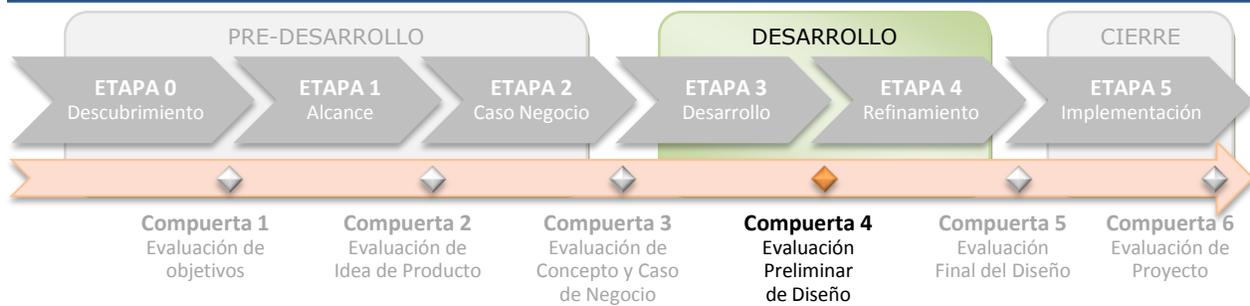
La integración simultánea y gestión eficiente de diferentes funciones, se convierte en un aspecto importante en esta etapa, tal como se explicó en la Sección 2.7.

Para proyectos que involucran la participación de contratistas externos y proveedores (*outsourcing*), se consolidan en la presente etapa los acuerdos contractuales de participación en el desarrollo e implementación, fijándose los acuerdos sobre requisitos y fechas de entregables, el cumplimiento de los hitos, y el seguimiento de las prácticas exigidas por el grupo interno que coordina del desarrollo.

De igual forma, según el nivel de innovación asociado al proyecto, y por tanto, la complejidad técnica que frecuentemente pueden tener algunas actividades, por ejemplo en tareas de diseño industrial, CAE (CAD, FEA, etc.), verificación, DOE, DFM y DFA; se hace necesario abordar el desarrollo de forma colaborativa con la participación concurrente de aliados, definiendo la mejor forma de trabajo conjunto: roles, responsabilidades, expectativas, entregables, cronograma, etc.

Es de recordar que el impacto que tiene sobre el desempeño del proyecto, el involucramiento y articulación concurrente de varias competencias, se justifica y se mide principalmente en el manejo eficiente de tiempo y costo [70]. Pero lograr reducciones en estos dos aspectos, requiere también de fuertes competencias de coordinación y comunicación por parte del líder del proyecto, como también, de un soporte comprometido y coherente por parte de los grupos de dirección de cada organización involucrada.

4.9. COMPUERTA 4 – Evaluación preliminar de diseño



Para realizar la evaluación crítica preliminar del diseño, una pregunta clave es: *¿Se han identificado y establecido los detalles más importantes del diseño?*

La información detallada obtenida hasta ahora, debe permitir una mejor predicción de aspectos como: el costo, el desempeño técnico del diseño, las implicaciones para la forma elegida de realización o producción, el cumplimiento de los requisitos y necesidades, la satisfacción del usuario, y el desempeño en el mercado, entre otros.

Así mismo, se enfatiza la evaluación en la madurez y pertinencia de los entregables técnicos, y se identifican los pendientes para la siguiente *Etapa de Refinamiento*, acorde con las decisiones de gestión del riesgo aceptadas entre las partes.

A continuación se listan algunos entregables relevantes de esta etapa. Se recomienda también revisar los entregables de las actividades (Figura 34) que se hayan realizado.

4.9.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Despliegue grueso de la geometría y arquitectura de producto tangible, y registros de validación con el usuario.
- Actualización de especificaciones técnicas de la solución, con la especificación funcional de cada una de las partes y de los subsistemas.
- Registro de consideraciones de diseño para diferentes ámbitos del ciclo de vida del producto o servicio (DFMA, DFE), con argumentos sobre concesiones de diseño realizadas.
- Lista de chequeo de DFE.
- Informe preliminar de verificación y análisis de modos de falla previstos. Incluye las listas de chequeo para simulaciones computacionales y cálculos de ingeniería realizados, con argumentos sobre simplificaciones y suposiciones adoptadas.
- Plan de pruebas restantes de verificación y validación para la siguiente etapa.
- Actualización del caso de negocio y escenario financiero.
- Registro de riesgo actualizado del producto o servicio. La mayoría de riesgos técnicos de producto deben estar atendidos.

4.9.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Cronograma actualizado con seguimiento del trabajo y presupuesto ejecutado, detalles para la siguiente etapa y un estimado para la implementación.
- Actas de revisiones por pares (*peer reviews*) realizadas durante la etapa.
- Consolidación de lista de implicados: beneficiarios, aliados, proveedores, usuarios.
- Registro de riesgo actualizado del proyecto.
- Plan preliminar de compras y consecución de insumos y equipos.

4.10. ETAPA 4 – REFINAMIENTO



Culminando con la verificación y validación, como lo sugiere el modelo “Vee” de la Figura 35, la *Etapa 4 de Refinamiento* es útil, en particular, para productos de alta complejidad, para abordar tareas de diseño adicionales que sean requeridas para verificación de especificaciones con mayor detalle y rigor, y para la gestión de riesgos técnicos pendientes. Estas actividades bien se pueden enfocar en el refinamiento del producto, al igual que en el refinamiento del proceso de realización, y en la creación de nuevos elementos necesarios para la fabricación. Algunos de tales elementos requeridos para la fabricación, como por ejemplo, herramientas y equipos, dependiendo de su nivel de innovación, también pueden ameritar una coordinación de desarrollo mediante su propio PDP, enfocado solo a las fases de desarrollo e implementación (cierre).

Para nuevos productos tangibles, las verificaciones se pueden realizar virtualmente mediante técnicas computacionales mencionadas anteriormente, o a partir de prototipos físicos funcionales de preproducción, según los objetivos de optimización y verificación. Para nuevos productos intangibles (servicios), la verificación se puede llevar a cabo mediante ejercicios del protocolo de operaciones, ejecutados internamente o con clientes selectos, que puedan aportar insumos o retroalimentación clave para el refinamiento. En esta etapa se consolida la validación del producto con el cliente y con el mercado, mediante pruebas piloto de prototipos finales, o muestras de pre-producción con un grupo selecto de usuarios finales, para evaluar la reacción del cliente antes de que el producto sea lanzado.

4.10.1. Actividades de la Etapa

Una vez consolidada la arquitectura del producto y geometría de los componentes en la etapa anterior, se procede en esta etapa a terminar su diseño detallado, refinando las especificaciones que estén pendientes. Por su parte, también se terminan de realizar aquí las actividades de diseño en detalle de las herramientas necesarias para la fabricación, y las actividades de selección de insumos y elementos comerciales, complementando con esto, el refinamiento de la definición del producto.

La participación técnica del ICIPC en esta etapa, cuando desarrolla productos tangibles, con frecuencia se enfoca, pero no se limita, en actividades para la definición y optimización de aspectos críticos del diseño de elementos de máquina y herramental de producción, tales como: Diseño térmico y reológico de moldes, diseño de husillos y cabezales para extrusión, evaluación y recomendación de componentes normalizados para la integración a los elementos de máquina, entre otros. Adicionalmente y de acuerdo a las características del proyecto, el ICIPC coordina y gestiona el cumplimiento de actividades importantes para el *Refinamiento* de las especificaciones técnicas del producto y del proceso. En la Figura 36 se presentan algunas actividades típicas para ayudar en la planificación del trabajo de esta etapa.

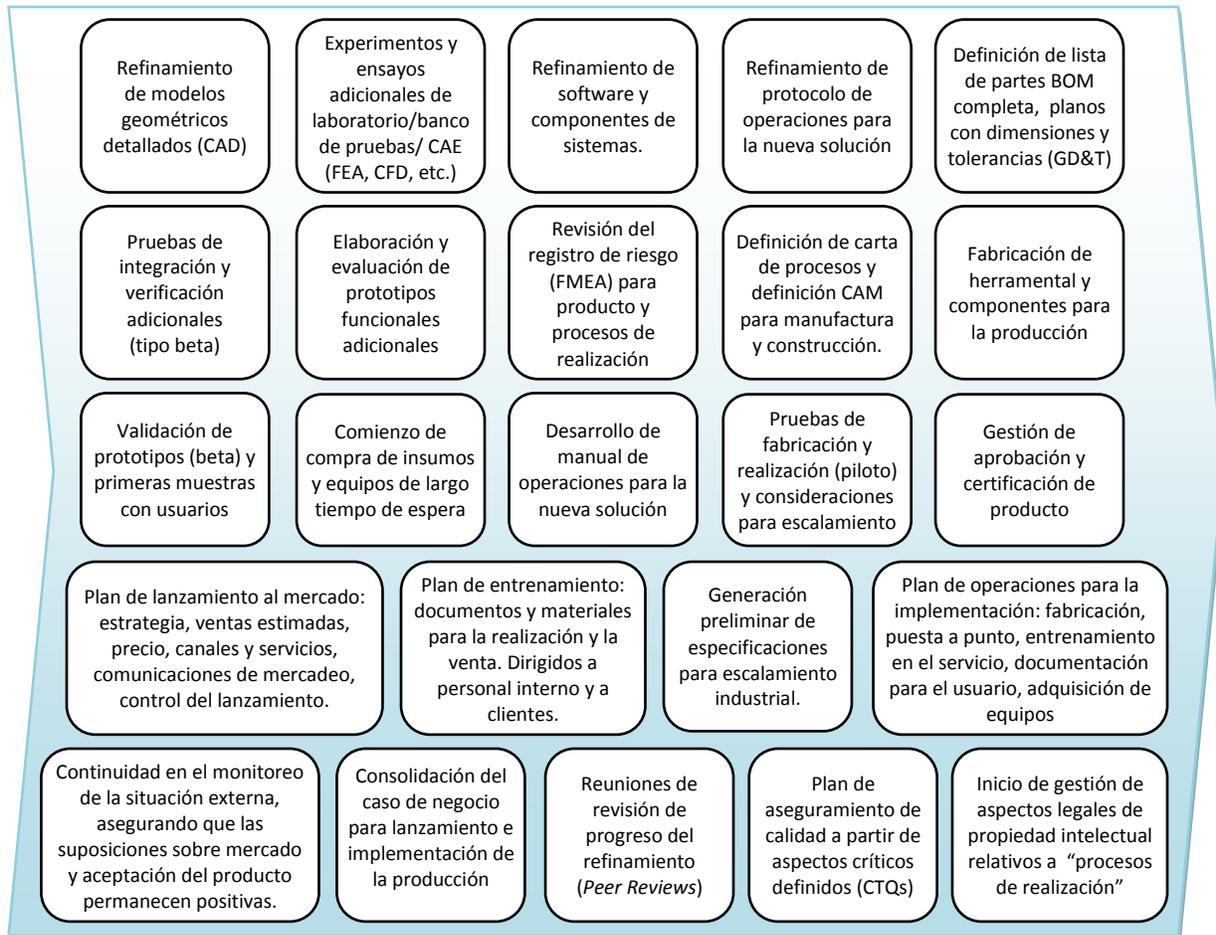


Figura 36. Actividades comunes dentro de la Etapa 4 de Refinamiento en el PDP.

Dentro de los entregables de esta etapa, establecidos según el proyecto, está el *Documento de Control de Versión* del producto y del herramental, el cual básicamente comprende: Dibujos técnicos, memorias de cálculo y modelos CAD/CAM/CAE, planes de proceso y ensamble, manuales de producto y procedimientos de servicios. Además, en esta etapa, se terminan de definir los siguientes detalles críticos para la calidad del producto (*Critical To Quality - CTQ*):

- *La lista completa de partes (Bill Of Materials -BOM) con registro de versión y revisión de la misma para el sistema y las partes, incluyendo referencias técnicas a componentes comerciales.*
- *Los detalles finales para manufactura y realización (DFM, DFA).*
- *La definición de las tolerancias funcionales para las especificaciones.*
- *Las dimensiones finales y tolerancias en planos técnicos (Geometric Dimensioning and Tolerancing -GD&T) para la comunicación de la intención de diseño según el proceso de manufactura seleccionado.*

Otros entregables comprenden: el diseño de manuales y documentos de acompañamiento para el producto o servicio, el desarrollo de programas y materiales de capacitación para la prestación del nuevo servicio, e instrucciones para el uso del nuevo producto, entre otros. Para nuevos servicios, se realiza el entrenamiento de personal y se elaboran los materiales de entrenamiento y capacitación en cómo vender y realizar el nuevo servicio.

En la *Etapa 4 de Refinamiento*, también se evalúa la gestión de operaciones y logística de insumos y proveedores requeridos; se consolida el caso de negocio con el análisis y el plan financiero para la implementación de la producción y el lanzamiento al mercado; y se avanza en las labores de compras y consecución de insumos, materiales y equipos para la producción, especialmente los que tienen largo tiempo de espera y que aún no han

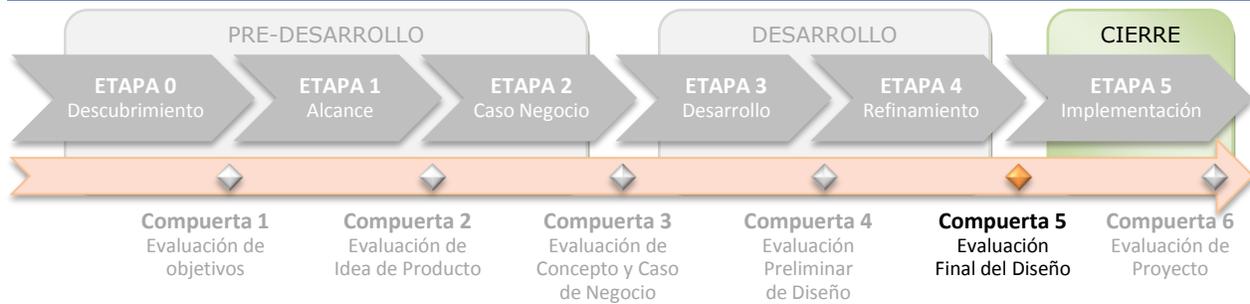
sido adquiridos desde la etapa anterior. Por tales razones, aquí también cobija el desarrollo de los planes operativos de producción y realización, incluyendo los planes de fabricación de herramental y de componentes para la realización, los planes de selección y compras de insumos, los planes de mercadeo y los planes de comercialización, según las características del proyecto y de la solución.

Para la validación de la solución intangible, en esta etapa se realizan las pruebas beta, que consisten en pruebas piloto de las operaciones de la solución en el mercado, con acompañamiento del grupo de desarrollo y registro de retroalimentación.

Adicionalmente, en caso de ser requerido, esta es una etapa idónea para consolidar las labores para obtener las aprobaciones y certificaciones requeridas para llevar el producto a un mercado específico, ya que se han cumplido todas las actividades para su optimización y refinamiento.

Como se puede observar, esta es una etapa donde pueden suceder actividades con duraciones considerablemente altas y con dependencias importantes entre sí, como por ejemplo, la adquisición de equipos y las pruebas de verificación piloto de proceso con ellos. Se enfatiza entonces la importancia para el líder del proyecto y su grupo de trabajo, planificar y gestionar rigurosamente los tiempos y la sincronización de las actividades de esta etapa, a fin tener la ruta crítica bajo control.

4.11. COMPUERTA 5 – Evaluación final de diseño



En esta compuerta “rígida”, la pregunta clave es: *¿Es adecuado el nivel de detalle alcanzado para proceder a la realización del nuevo producto o servicio?*

Idealmente, el 100% del detalle del diseño debería ser alcanzado para esta compuerta y el riesgo técnico del producto haber sido completamente mitigado, para autorizar la inversión completa en equipos, herramientas e insumos para la realización, producción y lanzamiento. Sin embargo, es claro que en ciertos proyectos donde el refinamiento se hizo a escala piloto, este nivel de detalle no es completamente posible, por lo que es importante contar con reservas contingentes para imprevistos en la siguiente etapa. En general, se busca que preferiblemente no existan más cambios en el diseño del producto después de esta etapa, y cualquier esfuerzo para optimizar el producto de aquí en adelante debe tener en cuenta el ciclo de vida completo de la solución.

El plan detallado del proceso de realización para la siguiente etapa, y el seguimiento del registro de riesgo del proyecto, se examinan rigurosamente en esta compuerta, a fin de autorizar el acceso a los recursos que se requieren. En algunas ocasiones, también se podrá exigir presentar un plan preliminar de trabajo, posterior a la etapa siguiente de implementación y lanzamiento, enfocadas a medir algunos resultados del lanzamiento y evaluar el proyecto, y captar las lecciones aprendidas en la mayoría de frentes de trabajo que sea posible.

A continuación se listan algunos entregables relevantes de esta etapa. Se recomienda también revisar los entregables de las actividades (Figura 36) que se hayan realizado.

4.11.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Definición en detalle de geometría y arquitectura de producto tangible.
- Consolidación de especificaciones técnicas del producto, con informe final de verificación de especificaciones, análisis de modos de falla previstos y validaciones con usuario.
- Plan y especificaciones preliminares de proceso de realización, fabricación y ensamble,
- Manuales preliminares de operación del nuevo servicio, o de uso del nuevo producto.
- Actualización del caso de negocio y escenario financiero, considerando lista de partes, insumos y/o equipos requeridos, y la subcontratación trabajo colaborativo de desarrollo necesaria.
- Registro de riesgo consolidado del producto o servicio. Atención a todos los riesgos de mayor criticidad e importancia.

4.11.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Cronograma actualizado con seguimiento del trabajo y presupuesto ejecutado, y plan detallado del proceso de realización para la siguiente etapa, incluyendo consideraciones de logística y operaciones.
- Actas de revisiones por pares (*peer reviews*) realizadas durante la etapa.
- Registro de riesgo actualizado del proyecto.
- Plan consolidado de compras y contratación.
- Actualización del plan de mercadeo.

4.12. ETAPA 5 – IMPLEMENTACIÓN



En esta etapa final del PDP, dedicada a la realización del nuevo servicio, o fabricación del nuevo producto, y el lanzamiento al mercado, si el proceso se desarrolló en una escala piloto, se procede a realizar el escalamiento a tamaño industrial; se adquieren los equipos e insumos para la producción, a menos que ya se hayan conseguido como parte de las pruebas piloto de producción en la etapa anterior; y se terminan de implementar los aspectos técnicos y económicos necesarios para la producción e integración. Igualmente, se pone en ejecución el plan de logística y operaciones. Una vez se terminan de ultimar detalles y algunos imprevistos en la producción, se abre el camino para la comercialización y venta del producto.

Desde luego, el lanzamiento no es de lo menos importante por estar en la última etapa del PDP. De hecho, un nuevo producto o servicio que se lanza al mercado, comunicándolo activamente y difundiéndolo en los medios adecuados, en forma estratégica y legal, para llegarle al público objetivo, tendrá mayores probabilidades de acogida y éxito. Es por esto que en numerables casos de productos exitosos se reconoce que las labores de lanzamiento constituyen uno de los factores para el éxito del proyecto.

De acuerdo con los estudios realizados por Robert Cooper y su equipo [10], basados en las prácticas de numerosas compañías, los lanzamientos bien ejecutados que contribuyen al éxito de productos, se caracterizan por cumplir los siguientes requerimientos:

- 1) Se establecen planes detallados de mercadeo para el lanzamiento. Estos incluyen: un programa formal de comunicaciones y mercadeo con suficientes recursos para respaldar la iniciativa y una estrategia de precio rigurosamente planeada y analizada.
- 2) Se conoce bien el nuevo producto y es apoyado por todo el personal de la(s) organización(es) que lo lanza(n). Así, la solución es ampliamente difundida internamente de manera previa, tanto a las personas encargadas de la promoción y ventas, como a quienes ofrecerán soporte técnico o practicarán el servicio.
- 3) El personal de la organización que estará en contacto con los clientes, adquiere el conocimiento necesario del producto y las competencias en mercadeo y ventas necesarias antes del lanzamiento. Las personas que estarán encargadas de promocionar el producto y practicar los servicios reciben adecuada y extensiva capacitación en la nueva solución.
- 4) Antes del lanzamiento, el producto es verificado y validado a cabalidad para eliminar problemas de diseño.

Con frecuencia sin embargo, se omiten estos requerimientos, y muchos productos y servicios son llevados al mercado sin una adecuada preparación y capacitación del personal encargado de ofrecerlo o practicarlo; en algunos casos el personal a duras penas sabe que el producto o servicio existe en el portafolio. A menudo no existe un plan de mercadeo, comunicación y promoción; y también comúnmente, salen al mercado productos con problemas de desempeño y defectos (*bugs*). El resultado entonces es predecible: un disparo fallido en el mercado.

Un elemento crítico en el proceso de desarrollo de una nueva solución es el plan de mercadeo que se ejecuta en esta etapa. Su elaboración debe comenzar al inicio del proyecto desde la fase de pre-desarrollo. El plan de mercadeo debe ser aprobado y apoyado por la alta dirección, asegurándose una alineación entre todas las áreas funcionales, incluyendo las personas encargadas de operaciones y difusión de la solución (ventas y práctica).

En esencia, como se explicó al principio de la Guía (Sección 2.1), la innovación se materializa cuando ha sido implementada, y un producto nuevo o mejorado se implementa cuando éste es introducido en el mercado. Así, el

juego de la innovación se gana con los esfuerzos dedicados en todas las jugadas, incluyendo la última: un lanzamiento e implementación de óptima calidad.

4.12.1. Actividades de la Etapa

Durante esta etapa se termina el entrenamiento de la mano de obra, se ajustan detalles finales de la producción, y se ponen en marcha los planes de operaciones, de lanzamiento al mercado, y de distribución. Algunas actividades típicas para esta etapa se presentan en la Figura 37 para ayudar en la planificación del trabajo.



Figura 37. Actividades comunes dentro de la Etapa 5 de Implementación en el PDP.

En la Etapa 5 de Implementación, el ICIPC puede acompañar al cliente en la gestión para la puesta a punto de los procesos de fabricación y producción final, y aunque no es frecuente que el ICIPC realice actividades de producción y lanzamiento de bienes tangibles propios, en esta etapa sí se promocionan y mercadean los nuevos servicios desarrollados.

También, en caso de requerirse, se inicia en esta etapa la creación de planes de post-lanzamiento para el monitoreo del desempeño del producto o servicio, respecto a determinados indicadores, y el equipo de trabajo responde con las acciones necesarias. Con esto se planifican e implementan algunas acciones a largo plazo en el ciclo de vida, por ejemplo, planes de mejora y nuevas variantes o versiones del producto o servicio. Por tanto, es importante que la organización planee y disponga de capacidad y recurso a lo largo de la vida estimada de la solución.

Desde el punto de vista técnico, en desarrollos que requirieron cálculos, simulaciones computacionales (FEA, CFD, etc.) y experimentación en laboratorio, se suele llevar a cabo en esta etapa una verificación de los resultados obtenidos con estas técnicas frente a los resultados obtenidos en la realidad (fabricación de muestras, pruebas piloto, producción, etc.). Esto se convierte en una oportunidad importante para retroalimentar y calibrar los modelos y procedimientos de cálculo para futuros proyectos similares que requieran del uso de las mismas herramientas.

4.12.1.1. Cierre del Proyecto

Existe una serie de actividades de cierre comunes a todos los proyectos de desarrollo, y aunque los aspectos específicos varían según el tipo de proyecto, generalmente el cierre de un proyecto involucra:

- La generación de un informe final del proyecto.
- La aceptación formal de los entregables por parte de los beneficiarios.
- El cierre adecuado de todos los contratos, documentos y acuerdos dentro del proyecto.
- El análisis retrospectivo del proyecto para captar las lecciones aprendidas.
- El reconocimiento y agradecimiento de las contribuciones.
- Un evento para celebrar o conmemorar el proyecto.

A continuación se dan algunos lineamientos generales para estas actividades importantes.

4.12.1.1.1. Reporte final de proyecto

Uno de los propósitos de un informe final es dar a conocer lo que se ha realizado, y comunicar a todas las personas involucradas que el proyecto ha terminado. En el informe final de proyecto, también se debe reconocer y agradecer a los contribuidores.

Adicionalmente, los informes o reportes finales de proyecto también son útiles en las etapas tempranas o fase de pre-desarrollo de futuros proyectos, para ayudar a los miembros del grupo mejorar sus expectativas e identificar riesgos potenciales e inconvenientes típicos reconocidos en el pasado [124]. Los informes también constituyen una fuente útil de información histórica de las prácticas de desarrollo de productos de la organización. Además, junto con toda la documentación del proyecto, incluyendo las ofertas, contratos, fichas técnicas, especificaciones, planos, modelos de cálculo e ingeniería, procedimientos, etc., describen la situación antes y después del proyecto.

4.12.1.1.2. Aceptación formal de entregables

Si el proyecto ha sido exitoso, es importante realizar la actividad de aceptación formal de los entregables por parte de los beneficiarios. Por esto, a partir de indicadores acordados previamente (en la *Etapa 1 de Definición de Alcance*), se establecen los criterios de verificación de cumplimiento de los objetivos, buscando claridad desde el principio del proyecto sobre cómo se evaluarán los resultados. Estos criterios también podrían ser modificados durante el proyecto según sea necesario, como respuesta a cambios autorizados. Sin embargo, si estos criterios de verificación de cumplimiento se vienen a definir al final del proyecto, es muy factible que se corra un alto riesgo en no lograr los objetivos.

Es importante tener presente que mientras más detallada sea la definición del alcance del proyecto al inicio, más baja será la probabilidad de sorpresas al final. Así mismo, se debe recordar que para la gestión de riesgo se requiere que se definan rigurosamente las especificaciones de los entregables, al igual que se entable una comunicación frecuente durante el proyecto con las personas que finalmente lo evaluarán y aceptarán.

Aún cuando existan proyectos que terminen interrumpidos por una decisión de suspender o abortar en una compuerta de revisión, y solo se logran parcialmente los objetivos, es necesario reportar y obtener una aceptación escrita de los resultados parciales u otros logros que si se alcanzaron, y registrar las razones por las cuales el grupo evaluador da por suspendido o abortado el proyecto.

4.12.1.1.3. Cierre de contratos y documentos

Para todos los acuerdos internos y contratos con externos particulares al proyecto, se debe terminar cualquier trámite pendiente. Igualmente, al consolidar las últimas facturas y pagos contra entrega, se debe complementar y organizar toda la información financiera, y terminar los acuerdos según sea pertinente.

Si existen inconvenientes o problemas relacionados con algún contrato, se debe priorizar su atención y solución tan pronto sea posible. Si se tuvieron inconvenientes o problemas con algún proveedor externo de servicios o insumos, se deben documentar en las lecciones aprendidas del proyecto y hacerlas disponibles en el SIGEC para el conocimiento de futuros líderes de proyectos y evitar problemas similares.

Adicionalmente, el líder del proyecto en esta etapa, debe coordinar con su grupo las actividades finales de respaldo (*backup*) y archivo organizado de toda la documentación del proyecto, incluyendo: simulaciones, resultados de cálculo y experimentación, documentos de análisis, informes, actas, etc.

4.12.1.1.4. Reconocimiento y agradecimiento a los contribuidores del proyecto

“El mundo es pequeño”. En un sector industrial determinado, al trabajar con un grupo de personas en un proyecto, es muy probable que en el futuro ellas se vuelvan a articular de nuevo. El proceso de gestión de riesgo en una serie de proyectos exitosos implica desarrollar, cultivar y mantener la confianza, las relaciones y el trabajo en equipo. Por esta razón, el reconocimiento de logros y contribuciones que las personas han hecho al proyecto es fundamental y de vital importancia para la sostenibilidad del trabajo.

Con frecuencia, en proyectos tecnológicos, la experiencia y el trabajo dedicado se dan por sentado. Comúnmente, cuando personas de áreas técnicas terminan actividades complejas, a menudo la única retroalimentación que reciben es la asignación de su tiempo a otra actividad, incluso más compleja. Especialmente al final de los proyectos, se debe agradecer a los contribuidores, tanto en persona como por escrito.

Para personas que pudieron colaborar de manera matricial al proyecto y que reportan a otros jefes, es importante reconocer su desempeño con sus jefes también, manteniendo los comentarios francos y sinceros, pero enfocándose en las contribuciones positivas. En el caso del entorno y cultura Colombiana, generalmente también es adecuado y deseado realizar reconocimientos públicamente.

4.12.1.1.5. Evento para celebrar o conmemorar el proyecto

Cualquiera que haya sido la atmósfera en los últimos días del proyecto, es importante llevar éste a una conclusión positiva. Si es pertinente, para un proyecto exitoso, es recomendable celebrar la conclusión con algún tipo de evento. Inclusive, si el proyecto no termina exitosamente, es recomendable reunir el grupo de trabajo bajo un ambiente cordial y reconocer lo que se pudo lograr y aprender.

Las celebraciones no tienen que ser complicadas ni costosas para ser efectivas, incluso si no se pasa por un buen momento económico, al menos las personas se pueden reunir y compartir una bebida y un plato. Lo importante es que al dar paso a un siguiente proyecto complejo, se hace más fácil cuando las personas tienen la oportunidad de llevar el último a una conclusión amistosa.

4.12.1.2. Análisis retrospectivo de la gestión de riesgo en el proyecto

Quizá una de las actividades más importantes en el cierre de un proyecto es el análisis retrospectivo, también conocido como captación de lecciones aprendidas, evaluación post-mortem o análisis post-proyecto. Esta evaluación es útil, tanto para el mejoramiento personal como de la organización.

Esta actividad usualmente consiste de una discusión abierta de las fortalezas y debilidades del plan del proyecto, los procesos de desarrollo empleados, los resultados técnicos y comerciales obtenidos, y la calidad de la ejecución. Esencialmente, a partir de esto se evalúa la integridad de los tres pilares del desempeño de la gestión del proyecto ([10][11][49]):

- 1) Estrategia:** La estrategia claramente definida para el desarrollo de nuevos productos y servicios.
- 2) Recursos:** La disponibilidad de recursos para satisfacer las expectativas (personas, tiempo y dinero).
- 3) Procesos:** El proceso de desarrollo de alta calidad y el proceso de gestión de riesgo.

El mejoramiento continuo del proceso, conforme lo exige la norma de gestión de calidad ISO9000, es de vital importancia para el PDP. En un análisis retrospectivo del proyecto, el objetivo es siempre el mismo: el mejoramiento del desempeño de la gestión de proyectos futuros y la reducción de sus riesgos. Es importante tener presente que, si para proyectos anteriores al nuestro que concluye, se hubiese realizado juiciosamente esta actividad, nuestro proyecto podría haber tenido menos riesgos. Por esto es importante realizar esta actividad a conciencia, ya que el líder del próximo proyecto puede ser uno mismo.

El protocolo general para un análisis retrospectivo de proyecto es similar al de las revisiones de compuerta, excepto que el enfoque es más amplio. Mientras que las revisiones de compuerta se ocupan de evaluar el avance realizado en la etapa anterior para tomar la decisión sobre la manera como continuar el proyecto, en el análisis retrospectivo se observa todo el proyecto con el objetivo de encontrar, durante la historia del mismo, ideas o aspectos para conservar, y otros para cambiar en los siguientes proyectos.

Es importante que antes de realizar el análisis retrospectivo, exista un compromiso de la organización por actuar sobre al menos uno de los hallazgos o cambios recomendados. No tiene sentido realizar este análisis una vez tras otra, si siempre se descubre que se tienen los mismos defectos. Al menos, lo más importante es socializar, abierta y libremente, las lecciones aprendidas y realmente adaptarlas en la mejora de los procedimientos.

El uso de una encuesta o cuestionario estándar, como la que se presenta en la Tabla 9, para el análisis retrospectivo entre los participantes del proyecto, facilita la presentación y consolidación de las conclusiones y lecciones aprendidas. Esta información de evaluación se presenta a la compuerta de revisión final y se archiva en el sitio web del proyecto en el SIGEC.

La encuesta con los integrantes se puede realizar antes o durante la reunión de *Compuerta 6 de Evaluación de Proyecto*, coordinada por el *Líder de Proceso* (Sección 4.1.2.7), quien es idealmente alguien objetivo que haya sido ajeno a la ejecución del proyecto. Esta reunión comienza con el enunciado de los objetivos del proyecto, la revisión de la agenda propuesta y las reglas de juego para la reunión, buscando como mínimo que se enfoque en los procesos y evitar atacar a los individuos (“*blamestorming*”).

La agenda de la reunión debe comenzar con los aspectos positivos del proyecto, antes de proceder a los que necesitan acciones de mejora (evitar palabras negativas). Recopilar los aspectos positivos primero, ayuda a que la gente recuerde los aportes de valor que se realizaron y se establezca un ambiente cordial en la reunión, por eso, en este punto se debe indagar sobre los aspectos que contribuyeron al éxito, capturando las opiniones de lo positivo del proyecto para buscar maneras de mantenerlas y repetirlas, e incorporarlas en el proceso.

Cuando se hayan atendido todos los aspectos positivos, se pasa la atención a los aspectos por mejorar y cambiar. Se deben identificar áreas del proceso que requieren de mejora, así como prácticas que se deben simplificar o eliminar. Se deben considerar también los problemas e inconvenientes que se encontraron, y las formas como se atendieron, a fin de elaborar recomendaciones para proyectos futuros. En estos casos, se deben buscar las causas raíces de los inconvenientes o fallas, y se deben proponer maneras para mitigarlos en el futuro.

Tabla 9. Ejemplo de encuesta de análisis retrospectivo del proyecto [49].

Califique: 5 – Altamente de acuerdo; 4 – De acuerdo; 3 – No opina; 2 – Desacuerdo; 1 – Altamente desacuerdo	1	2	3	4	5
El proyecto desarrolló e implementó un plan de riesgo.					
Los problemas del proyecto se atendieron rápidamente y se escalaron apropiadamente cuando fue necesario.					
Los problemas de cronograma se atendieron efectivamente.					
Los problemas de recurso se atendieron efectivamente.					
Las especificaciones y objetivos de proyecto solo se modificaron mediante un procedimiento de control de cambios efectivo y aprobado.					
Se realizaron revisiones de proyecto (de compuerta y por pares) con una frecuencia adecuada.					
La comunicación en el proyecto fue suficientemente frecuente.					
La comunicación en el proyecto fue adecuada y efectiva.					
La documentación generada fue clara, organizada y disponible cuando era necesaria.					
El estatus del proyecto se reportó adecuadamente durante la ejecución.					
El manifiesto de dificultades en el proyecto resultó principalmente en soluciones a los problemas.					
El proyecto tuvo un adecuado apoyo y soporte a lo largo de la ejecución.					

A lo largo de la reunión, se aconseja procurar escuchar todas las partes, no solo una minoría vocal, y hacia el final, resumir las recomendaciones y pedir a cada participante una recomendación que él o ella considere que contribuya a hacer una diferencia significativa y a mejorar un proyecto futuro. Actuando en equipo, se debe llegar a un consenso, en lo posible, sobre el cambio más importante. La reunión se debe cerrar con reflexiones sobre el proceso y pidiéndoles a las personas que compartan lo que aprendieron personalmente del proyecto, y cómo piensan trabajar diferente en el futuro. Nuevamente, la captación de las lecciones aprendidas dentro del sistema de gestión de conocimiento SIGEC en el sitio de intranet (web) del proyecto es de gran valor durante esta reunión.

4.13. COMPUERTA 6 – Evaluación de Proyecto



En esta compuerta, algunas preguntas clave son: *¿Estamos listos para entregar los resultados finales y cerrar el proyecto?, ¿Qué pudimos aprender?*

Los entregables finales del proyecto de desarrollo son presentados formalmente a los beneficiarios por las partes responsables, según el alcance, los objetivos y el plan acordado. La fijación de la definición del diseño de la solución y del proceso para realizarlo, con sus operaciones, insumos y recursos, se revisa en esta compuerta, con los resultados de una puesta en marcha acompañada por los responsables del desarrollo. Cualquier problema identificado aquí será analizado para asegurar que no vuelva a ocurrir en proyectos futuros.

Por otra parte, en el marco de esta compuerta, se planifica y se realiza el análisis retrospectivo del proyecto, como se explicó en la etapa, permitiendo una discusión abierta de las fortalezas y debilidades del plan del proyecto, los procesos de desarrollo empleados, los resultados técnicos y comerciales obtenidos, y la calidad de la ejecución.

En general, para todo desarrollo, la solución se entrega formalmente a su cliente en esta etapa, según ha sido planeado. Por su parte, la revisión post-proyecto debe identificar cualquier área que requiere sea considerada con más cuidado en proyectos futuros. Por último, se busca también que la documentación del proyecto e información de la solución quede adecuadamente almacenada, archivada y disponible para uso futuro.

A continuación se listan algunos entregables relevantes de esta etapa. Se recomienda también revisar los entregables de las actividades (Figura 37) que se hayan realizado.

4.13.1. Entregables técnicos de etapa sugeridos

- Consolidación del plan y especificaciones de proceso de realización, fabricación y ensamble.
-
- Manuales finales de operación del nuevo servicio, o de uso del nuevo producto.
- Reporte final con análisis retrospectivo del proyecto, incluyendo encuestas realizadas y lecciones aprendidas.
- Consolidación del caso de negocio y escenario financiero, considerando operaciones, proveedores y la subcontratación de trabajo colaborativo de realización necesario.

4.13.2. Entregables de gestión de etapa sugeridos

- Registro de aceptación formal de entregables (acta de cierre).
- Contratos y documentos cerrados (informes de balances financieros consolidados).
- Cronograma actualizado con seguimiento del trabajo y presupuesto ejecutado.
- Actas de revisiones por pares (*peer reviews*) realizadas durante la etapa.
- Registro de riesgo consolidado del proyecto. Atención a todos los riesgos de mayor criticidad e importancia.
- Plan consolidado de operaciones, compras y contratación.
- Plan de mercadeo y lanzamiento consolidado.

5. Recomendaciones finales para el funcionamiento del PDP en el ICIPC

- El PDP propuesto para el ICIPC es un mapa operacional para llegar del punto inicial (una idea) al punto final (una solución innovadora implementada), buscando minimizar el riesgo. Como tal, cuando la situación lo amerita, es posible hacer uso de la flexibilidad del PDP a fin de incrementar la eficiencia y practicidad. Esto permite, según el tipo de proyecto, que: (a) se pueda escalar el proceso, bien sea para agilizar el trabajo, o enfatizar la gestión del riesgo; (b) no todos los proyectos tengan que pasar por cada etapa y compuerta; y (c) cuando sea necesario y justificado para mejor control del riesgo, mover actividades de una etapa a otra, por ejemplo, moviendo una actividad de compra de equipos a una etapa más temprana cuando se estima que el tiempo de espera (*lead time*) es alto.

La escalabilidad del PDP con criterios basados en la gestión de riesgo y en la tipología de proyectos, ofrece mejoras en los factores de éxito de proyectos, tales como: la asertividad de la comunicación tanto interna como externa, las competencias de gestión de proyectos y de riesgo, y la consolidación de una práctica estandarizada de un PDP. Factores observados en la encuesta de diagnóstico (ANEXO 9.6.2).

- Para un proyecto de desarrollo contratado por un cliente, antes de la formulación de la oferta de trabajo para una fase de desarrollo, es necesario determinar si existen los elementos de entrada claves. Estos deben solicitarse al cliente y verificarse con una lista de chequeo que debe formalizar el líder según el proyecto, ya que son necesarios para determinar el alcance del trabajo y reconocer cuales actividades ya se han realizado previamente.

El aseguramiento de estos elementos de entrada garantiza que el desarrollo se lleve a cabo con base en trabajo preliminar suficiente, se facilite la negociación del trabajo acompañado, se evite el avance demasiado acelerado desatendiendo riesgos importantes, evita problemas de comunicación, ayuda a fijar las necesidades, especificaciones y alcance de producto, y ayuda a evitar problemas por retrasos en información de entrada del cliente. Estos fueron algunos de los problemas que pueden suceder, según el diagnóstico de la encuesta (ANEXO 9.6.4).

- Con un diagnóstico previo del nivel de madurez de la idea, se facilita proponer un plan de trabajo basado en el PDP, cubriendo actividades de la fase de pre-desarrollo que puedan estar haciendo falta, para gestionar elementos de riesgo importantes. No es recomendable ofertar una fase de desarrollo sin antes conocer los resultados de dicho diagnóstico, ya que el alcance, cantidad de trabajo, duración y objetivos no serían claros.
- Es importante, para proyectos de desarrollo contratados por clientes industriales, estimar el nivel de compromiso del interlocutor o líder del proyecto en la empresa cliente, y sus competencias o habilidades para responder con información de entrada solicitada, entregables y responsabilidades asignadas dentro del proyecto. Un pobre compromiso o capacidad de respuesta cuando sea requerida, puede convertirse en un riesgo alto para el éxito de los objetivos del proyecto, tal como se identificó en uno de los posibles problemas en desarrollo contratado de productos en el ICIPC, según la encuesta realizada.
- A pesar de que las compuertas puedan representar aproximadamente solo 60 minutos (x6) en la vida de un proyecto, estas pueden ser quizá el espacio más importante y crítico para la toma de decisiones, y hacen toda la diferencia entre ganar o perder en el juego de la innovación. Por esto las compuertas deben funcionar, y tiene sentido dedicar el recurso y tiempo para realizarlas bien. Además, las compuertas tienen la ventaja de asegurar que las actividades típicas del proceso de desarrollo, como las que se explicaron en las etapas de esta Guía, así como las que se identificaron en la encuesta de diagnóstico, se cumplan según los proyectos, y se generen los registros apropiados, que son útiles para la toma de decisiones, la evaluación de continuación del proyecto, y el análisis retrospectivo al final para el mejoramiento continuo del proceso.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de la encuesta de diagnóstico, en particular sobre las prácticas de desarrollo de producto y gestión de riesgo, antes de la adopción del PDP en el ICIPC, se reconoce la necesidad de que el Instituto continúe fortaleciendo los cinco aspectos relacionados con *La Organización* del proceso de gestión de riesgo, como lo recomienda el modelo de la EFQM (*European Foundation of Quality Management*) [47], particularmente en los miembros del área técnica y administrativa que contribuyen a los proyectos de desarrollo; y no solo con el personal presente, sino también con el nuevo que se vincula a la organización.
- Así mismo, como se observó en los resultados de la encuesta, es importante crear y mantener un programa de *coaching* para los equipos de trabajo, las personas más jóvenes y las nuevas en la organización, coordinado por el Líder del Proceso o por personas de mayor experiencia en proyectos de desarrollo e innovación.

Buscando así abrir nuevos espacios y mejorar los existentes para la comunicación abierta y eficaz al interior de la organización.

6. Conclusiones

- La primera versión del PDP surge como uno de los entregables del proyecto enmarcado en el plan de fortalecimiento del Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho 2010-2011, apoyado por Colciencias mediante el recurso financiero del *Patrimonio autónomo fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación, Francisco José de Caldas*. Dicho proyecto se concluyó exitosamente cumpliendo con el objetivo de fortalecer técnica y administrativamente al ICIPC a través de la creación misma de la metodología PDP ajustada a las necesidades de la institución, y su aplicación a casos de proyectos reales contratados por clientes industriales, como el Grupo Corona e Industrias ESTRA, así como en la creación de los nuevos servicios de laboratorio en resistencia al impacto para nuevos materiales poliméricos. Los registros de desarrollo de cada uno de estos proyectos se pueden encontrar reportados en el sistema de gestión documental del SIGEC del ICIPC.
- La Guía del PDP para el ICIPC, promueve una innovación organizacional para mejorar la eficiencia y la asertividad en el desarrollo de productos y servicios en la Institución, y propone los lineamientos de trabajo colaborativo para conducir la práctica de un Proceso de Desarrollo de Producto, que ayuda a planear, ejecutar y gestionar sistemáticamente proyectos de innovación que satisfacen necesidades concretas del mercado y se alinean con el plan estratégico de la organización.
- El PDP del ICIPC se propone como una metodología dinámica y en continuo mejoramiento, que integra mejores prácticas actuales de la institución, al tiempo que los métodos aplicables de diversas organizaciones y autores de amplia trayectoria en innovación.
- El PDP no es solo un proceso para entregar un producto al mercado, sino que también enfatiza en el trabajo importante del pre-desarrollo que se debe realizar para mitigar el riesgo al inicio, cuando las incertidumbres del proyecto de innovación son realmente altas (*fuzzy front end*).
- El PDP del ICIPC es un proceso multi-disciplinario y también multi-organizacional. Se establece alrededor de un grupo de desarrollo competente, empoderado y multifuncional. Cada una de sus etapas consiste de actividades de diversos ámbitos: técnico e I+D, mercadeo, producción, y financiero entre otros. Requiriendo así, la participación activa de miembros de variadas áreas, donde en algunos casos, podrán ser del interior de la organización, o bien, miembros articulados de diferentes organizaciones, como el cliente, proveedores, aliados, financiadores, etc.
- Los espirales e iteraciones de validación con el cliente y usuarios, que se proponen en el PDP durante la vida del proyecto, son indispensables para lograr un producto exitoso, diferenciado y con una propuesta contundente de valor, y se deben garantizar en el plan de trabajo.
- El proceso de gestión de riesgo que se habilita con la plataforma metodológica del PDP, suministra una forma para comprender si el proyecto de desarrollo es factible técnicamente, y viable comercial y financieramente. La gestión adecuada del riesgo proporciona confianza al grupo de trabajo, al grupo evaluador y a los entes financiadores; y es un componente crítico para el éxito del proyecto y el proceso de aprendizaje de la organización.

7. Trabajo futuro

- El PDP introduce elementos y herramientas de gestión de riesgo desde el punto de vista de proyectos de desarrollo. Se recomienda implementar un sistema formal de gestión de riesgo que opere holísticamente en la organización, y complemento de forma integral al PDP.
- Se recomienda realizar el diagnóstico periódico de resultados de la implementación del proceso de gestión de riesgo, con criterios acordados, por ejemplo, los que sugiere el modelo de la EFQM (*European Foundation of Quality Management*) [47], y recomendaciones del *Project Risk Management Handbook* (Bart Jutte, 2009) [46].
- Es importante establecer y acordar un esquema de métricas e indicadores para el control de calidad y trazabilidad de desempeño de los proyectos en el proceso [9][73][144], con el cual, también se permita medir

el desempeño del proceso y proponer actividades de mejoramiento continuo del mismo. Algunos indicadores pueden consistir en:

- La valoración del desempeño de la puntualidad de los proyectos mediante: (a) la medición del porcentaje de proyectos que terminan cada etapa a tiempo, conforme con las fechas de revisión estimadas y acordadas para la compuerta; o (b) el promedio de desfases de tiempo, es decir, la fecha real de la compuerta versus la fecha presupuestada, en meses o como un porcentaje del tiempo de la etapa presupuestado.
- Otra métrica se puede basar en el desempeño del manejo del presupuesto: (a) porcentaje de proyectos que van bajo presupuesto en cada compuerta; o (b) el promedio de desfases en presupuestos por compuerta.

Estos indicadores se pueden llevar en un cuadro de control por el Líder de Proceso, donde aparecen en las filas, los proyectos en curso, en las columnas, las diferentes etapas aplicables a cada proyecto, y en las celdas, el valor de la medida de la métrica escogida.

8. Referencias

- [1] Proyecto Colciencias 2010 – Contrato: 154-2010, Invitación Código: 20103000064811; Convocatoria para la conformación de banco de proyectos elegibles para el fortalecimiento institucional de centros de investigación y desarrollo tecnológico del país; Proyecto aprobado y culminado: *Fortalecimiento técnico-administrativo del ICIPC a través de la creación e implementación de una metodología PDP ("product development process") ajustada a las necesidades de la institución y de la creación de nuevos servicios de resistencia al impacto para nuevos materiales poliméricos.*
- [2] NTC-ISO9001:2008; Norma Técnica Colombiana para el Aseguramiento de la Calidad; ICONTEC; 2008-11-14.
- [3] Product Development Management Association PDMA - www.pdma.org
- [4] Parametric Technology Corporation – PTC “Managing the Total Product Lifecycle” - http://www.ptc.com/WCMS/files/83203/en/3988_PLM_QMS_WP_EN.pdf
- [5] *Design Control Guidance For Medical Device Manufacturers*; FDA Guidance Document; March 11, 1997; <http://www.fda.gov/medicaldevices/deviceregulationandguidance/guidancedocuments/ucm070627.htm>
- [6] The Product Development Institute – www.prod-dev.com
- [7] Cooper, R.G.; Edgett, S.J (2009) Product Innovation and Technology Strategy.
- [8] Cooper, R.G.; Edgett, S.J. (2008), Maximizing productivity in product innovation, in: Research Technology Management.
- [9] Cooper, R.G.; Edgett, S.J. (2011), Winning at new products, accelerating the process from idea to launch; 4th Ed.
- [10] Cooper, R.G.; Edgett, S.J. (1999), *Product development for the service sector*; 1st Ed.
- [11] Ulrich, K., Eppinger, S. (2012) *Product Design and Development*; 5th Ed.
- [12] Siemens PLM Software Blog - <http://siemens.pmhclients.com/index.php/weblog/C48/>
- [13] *Curve ID* – Product Design Consultancy Company – <http://www.curveid.com/process.html>
- [14] *SMART DESIGN* – Product Design Consultancy Company – <http://www.smartdesignworldwide.com/>
- [15] Microsoft SharePoint 2010- <http://sharepoint.microsoft.com>
- [16] MIT Open CourseWare – Systems and Project Management; Prof. James Lyneis, Prof. Olivier de Weck, Prof. Steven Eppinger; <http://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-36j-system-and-project-management-fall-2003/index.htm>
- [17] Spiral Model @ Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Spiral_model
- [18] NASA SOFTWARE SAFETY GUIDEBOOK; NASA-GB-8719.13; 2004; <https://standards.nasa.gov/documents/detail/3315126>
- [19] Product Development and Management Association -PDMA- <http://www.pdma.org/>
- [20] *Breakthrough Results in Product Development Time to Market - Concurrent Product/Process Development (CPPD)*; Jason R. Lemon, Ph.D., William E. Dacey, Michael A. Lemon; International TechneGroup Incorporated (ITI); <http://www.iti-global.com>
- [21] Integrated Product Teams; Kenneth Crow; DRM Associates - New Product Development (NPD) Consulting; <http://www.npd-solutions.com/ipt.html>
- [22] What Is PDM?; Ed Miller; Mechanical Engineering – ASME; 1998; <http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/october98/features/pdm/whatis.html>
- [23] *SharePoint*; Microsoft; <http://sharepoint.microsoft.com>
- [24] Parametric Technology Corporation –PTC; *PLM/PDM Windchill*; <http://www.ptc.com/products/windchill/>
- [25] Siemens PLM; *TeamCenter*; http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/
- [26] *Rapid Development: Taming Wild Software Schedules*; Steve McConnell; Microsoft Press; 1 edition; 1996.
- [27] A. Griffin; *Drivers of NPD Success: The 1997 PDMA report*; Chicago; PDMA; 1997
- [28] *The effect of new product development techniques on new product success in Spanish firms*; Francisco Javier Miranda González; Tomás Manuel Bañegil Palacios; Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Extremadura; España; April 2002; *Industrial Marketing Management*; Vol 31, Issue.3.
- [29] Dassault Systemes. (2011) ENOVIA PLM. [Online]. <http://www.3ds.com/products/enovia/welcome/>
- [30] *10th Annual SCPD Conference 2010*; Society of Concurrent Product Development, Inc. <http://scpdnet.org/2011-conference/speakers.htm>
- [31] *IBM Product Development Integration Framework*; IBM PLM Solutions May 2009.
- [32] *OSLO MANUAL, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*; OECD Publishing; 3rd Ed; 2005; www.oecd.org/sti/oslomanual
- [33] *Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva*; Norma Española UNE166006, Marzo 2011; Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR.
- [34] The QFD Institute – <http://www.qfdi.org/>
- [35] Jack B. ReVelle, John W. Moran, Charles Aaron Cox. (1998) *The QFD handbook*; John Wiley & Sons.
- [36] QFD Online – <http://www.qfdonline.com/>

- [37] Roozenburg, N.F.M. (2002) *Defining Synthesis: On the Senses and the Logic of Design Synthesis*, in Chakrabarti, A. (ed.), *Engineering Design Synthesis*, Springer, London, UK
- [38] Roozenburg, N.F.M., Eekels, J. (1995) *Product Design, Fundamentals and Methods*, Wiley, Chichester, UK.
- [39] Pahl, G.; Beitz, W.; (2007) *Engineering Design: A Systematic Approach*; Springer; 3rd edition.
- [40] *Observations on Some German Contributions to Engineering Design In Memory of Professor Wolfgang Beitz*; Ken M. Wallace; Lucienne T. M. Blessing; Research in engineering design; Volume 12, Number 1, 2-7.
- [41] *Total Design*; Pugh, S.; Addison-Wesley; 1990.
- [42] Superintendencia de Industria y Comercio SIC de Colombia – *Propiedad Intelectual* – <http://www.sic.gov.co/web/guest/propiedad-industrial>;
http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/propiedad_industrial/WEB/index.html
- [43] Organización Mundial de Propiedad Intelectual –OMPI. <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>
- [44] Oficina Europea de Patentes - <http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>
- [45] Google Patents - <http://www.google.com/patents>
- [46] *Project Risk Management Handbook*; Bartt Jutte; Mantaba Publishing; Delft, 2009.
- [47] European Foundation of Quality Management; <http://www.efqm.org/en/>
- [48] *PMBOK Guide - A Guide to the Project Management Body of Knowledge*; The Project Management Institute – PMI; (2008) 4th ed.
- [49] *Identifying and managing project risk, essential tools for failure-proofing your project*; Tom Kendrick, PMP 2009; 2nd ed. AMACOM.
- [50] *Managing New Product Development Projects*; Milosevic, D.; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 51; 2004; John Wiley & Sons.
- [51] *Qualitative and Quantitative Risk Management*; Simister, S.J.; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 2; 2004; John Wiley & Sons.
- [52] *Concurrent engineering for Integrated product development*; Hans J. Thamhain; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 19; 2004; John Wiley & Sons.
- [53] *How projects differ, and what to do about it*; Aaron J. Shenhar, Dov Dvir.; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 50; 2004; John Wiley & Sons.
- [54] *ISO 31000:2009 Risk management - Principles and guidelines*; International Organization for Standardization ISO; November, 2009.
- [55] *ISO/IEC Guide 73:2009 Risk Management – Vocabulary*; International Organization for Standardization ISO; November, 2009.
- [56] *Improving product development process design: a method for managing information flows, risks, and iterations*; Unger, D.; Eppinger, S.; Journal of Engineering Design; Vol. 22, No. 10, October 2011, 689–699.
- [57] *From theory to practice: toward a typology of project-management styles*; Shenhar, A.J.; IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 45, no. 1, pp. 33-48. Feb. 1998.
- [58] *Time Pacing: Competing in Markets That Won't Stand Still*; Kathleen M. Eisenhardt, Shona L. Brown; Harvard Business Review; Mar 01, 1998; 76(2):59-69.
- [59] *Phase reviews versus fast product development: a business case*; Kumar, Sameer; Krob, William.; Journal of Engineering Design, Jun2007, Vol. 18 Issue 3, p279-291.
- [60] *Exploring New Product Development Project Review Practices*; Jeffrey B. Schmidt, Kumar R. Sarangee, and Mitzi M. Montoya; Journal of Product Innovation Management, Sep2009, Vol. 26 Issue 5, p520-535.
- [61] *The fuzzy front end of Japanese new product development projects: impact on success and differences between incremental and radical projects.*; Verworn, Birgit; Herstatt, Cornelius; Nagahira, Akio; R&D Management; Jan2008, Vol. 38 Issue 1, p1-19.
- [62] *Determinants of IT Usage and New Product Performance*; Barczak, Gloria; Sultan, Fareena; Hultink, Erik Jan; Journal of Product Innovation Management; Nov2007, Vol. 24 Issue 6, p600-613.
- [63] *Cómo acelerar el proceso de desarrollo de los nuevos productos en diferentes contextos de complejidad tecnológica*; Carbonell, Pilar; Rodríguez Escudero; Universia Business Review; 2006, Issue 11, p92-10.
- [64] *The relationship between marketing and product development process and their effects on firm performance*; Aydin, Serkan; Cetin, Ayse Tansel; Ozer, Gokhan; Academy of Marketing Studies Journal; Jan2007, Vol. 11 Issue 1, p53-68.
- [65] *Risks in new product development: devising a reference tool*; Keizer, Jimme A.; Vos, Jan-Peter; Halman, Johannes I .M.; R&D Management; Jun2005, Vol. 35 Issue 3, p297-309.
- [66] *The Fuzzy Front End of New Product Development for Discontinuous Innovations: A Theoretical Model*; Reid, Susan E.; de Brentani, Ulrike; Journal of Product Innovation Management; May2004, Vol. 21 Issue 3, p170-184.
- [67] *Team member experiences in new product development: views from the trenches*; Barczak, Gloria; Wilemon, David; R&D Management; Nov2003, Vol. 33 Issue 5.
- [68] *An activity model of the product development process*; Fairlie-Clarke, Tony; Muller, Mark; Journal of Engineering Design; Sep2003, Vol. 14 Issue 3.

- [69] *Order and Disorder in Product Innovation Models*; Cunha, Miguel Pina E; Comes, Jorge Es.; Creativity & Innovation Management; Sep2003, Vol. 12 Issue 3.
- [70] *Simultaneous Involvement in Service Product Development: A Strategic Contingency Approach*; Hull, Frank M.; International Journal of Innovation Management; Sep2003, Vol. 7 Issue 3.
- [71] *Commercial Innovations from Consulting Engineering Firms: An Empirical Exploration of a Novel Source of New Product Ideas*; Ian Alam; Journal of Product Innovation Management; Jul2003, Vol. 20 Issue 4, p300-313.
- [72] *The Hidden Value of Knowledge in New Products*; Jie Yang; Liming Yu; Ching Chyi Lee; Asia Pacific Journal of Management; Dec2002, Vol. 19 Issue 4.
- [73] *Measuring the Performance of New Service Development Activities*; Storey, Chris; Kelley, David; Service Industries Journal; Apr2001, Vol. 21 Issue 2, p71-90.
- [74] *Critical Success Factors for Radical Technological Innovation: A Five Case Study*; Abetti, Pier A.; Creativity & Innovation Management; Dec2000, Vol. 9 Issue 4.
- [75] *New Product Performance: What Distinguishes the Star Products*; Cooper, Robert G.; Kleinschmidt, Elko J.; Australian Journal of Management (University of New South Wales); Jun2000, Vol. 25 Issue 1.
- [76] *Concurrent development and strategic outsourcing: do the rules change in breakthrough innovation*; McDermott, Christopher; Handfield, Robert; Journal of High Technology Management Research; Spring2000, Vol. 11 Issue 1.
- [77] *Organizing innovation: Integrating knowledge systems*; Johannessen, Jon-Arild; Dolva, Jens Otto; European Planning Studies; June 1997, Vol. 5 Issue 3.
- [78] *Types and Timing of Inter-organizational Communication in New Product Development*; Hummel, Marjan, et. al.; Creativity & Innovation Management; Dec2001, Vol. 10 Issue 4.
- [79] *The effect of acceleration techniques on product development time*; Zirger, B.J. Hartley, J.L.; IEEE Transactions on Engineering Management; May 1996; Volume: 43 Issue: 2; p143 – 152.
- [80] *Development Projects: The Engine of Renewal*; H. Kent Bowen, et.al.; Harvard Business Review; 1994; 72(3):110-120.
- [81] *Product Development: Past Research, Present Findings, and Future Directions*; Shona L. Brown, Kathleen M. Eisenhardt; The Academy of Management Review; Vol. 20, No. 2, Apr., 1995.
- [82] *A concurrent function deployment-based and concurrent engineering-based product development method for original design manufacturing companies*; Ying-Chin Ho; Chih-Hsin Lin; Journal of Engineering Design; Feb2009, Vol. 20 Issue 1, p21-55.
- [83] *Development of a systematic classification and taxonomy of collaborative design activities*; Ostergaard, Karen J.; Summers, Joshua D.; Journal of Engineering Design; Feb2009, Vol. 20 Issue 1, p57-81.
- [84] *Integration of DFMA and DFE for Development of a Product Concept: A Case Study*; Boppana V. Chowdary; Azizi Harris; Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009).
- [85] *Teaching Design for Environment in Product Design Classes*; Michael C. Baeriswyl; Steven D. Eppinger; International Conference on Engineering Design; Copenhagen, August 2011.
- [86] *Comparing Product Development Processes and Managing Risk*; Darian W. Unger, Steven D. Eppinger; International Journal of Product Development, vol. 8, no. 4, pp. 382-402, 2009.
- [87] *Artefactos: Diseño Conceptual*; Alberto Rodríguez García; Fondo Editorial Universidad EAFIT; Medellín; 2003.
- [88] ARUP; Design and Project Management Consultancy Company; <http://www.arup.com/>
- [89] *Are Your Engineers Talking to One Another When They Should?*; Manuel E. Sosa, Steven D. Eppinger, Craig M. Rowles; Harvard Business Review, November 2007, vol. 85, no. 11, pp. 133-142.
- [90] *Automotive Product Design & Development, Delphi Report*; Manufacturing, Engineering, and Technology Group - Center for Automotive Research, CAR; Parametric Technologies Corporation, PTC; 2005.
- [91] *Valuation and Dealmaking of Technology-Based Intellectual Property: Principles, Methods and Tools*; Richard Razgaitis; 2009; John Wiley & Sons; 2ed.
- [92] *Early-Stage Technologies: Valuation and Pricing*; Richard Razgaitis; 1999; John Wiley & Sons; 1ed.
- [93] *Patent Map with Exercises*; Meeting: WIPO-MOST Intermediate Training Course on Practical Intellectual Property Issues in Business; Nov 7, 2003; Document Code: WIPO/IP/BIS/GE/03/16
http://www.wipo.int/meetings/en/details.jsp?meeting_id=5424
- [94] *Evaluación De Proyectos*; Baca Urbina, Gabriel; 2006; MCGRAW HILL.
- [95] *Desarrollo de proyectos de investigación, Guía para un seminario*; Waldemar Bauer, Jörn Bleck-Neuhaus, Rainer Dombois; Traducción: Ricardo Lucio, Bogotá; DAAD Germany Academic Exchange Service; Universidad de Bremen; Bremen / Bonn, Junio de 2010.
- [96] Aras Corporation; *Aras PLM – Open Source*; <http://www.aras.com/>
- [97] Autodesk PLM 360; <http://usa.autodesk.com/360-lifecycle-management-software/plm/>
- [98] *Design Management*; Harpun, Peter; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 18; 2004; John Wiley & Sons.
- [99] *Verification*; Hal Mooz; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 23; 2004; John Wiley & Sons.
- [100] *Visualizing Project Management: Models and Frameworks for Mastering Complex Systems*; Kevin Forsberg, Hal Mooz, Howard Cotterman; 2005; 3rd ed.; John Wiley & Sons.

- [101] *Communicating Project Management: The Integrated Vocabulary of Project Management and Systems Engineering*; Kevin Forsberg, Hal Mooz, Howard Cotterman; 2002; 1st ed.; John Wiley & Sons.
- [102] *Systems Engineering Handbook*; INCOSE-TP-2003-016-02, Version 2a, 1 June 2004; International Council on Systems Engineering (INCOSE).
- [103] *The Relationship of System Engineering to the Project Cycle*; Forsberg, Kevin; Mooz, Harold; October 1991; Chattanooga, Tennessee: Proceedings of the National Council for Systems Engineering (NCOSE) Conference, pp. 57–65.
- [104] *Product Development Research Group* – Tobias Larsson; <http://www.bth.se/ing/pi.nsf/pages/pd>; Blekinge Institute of Technology; Karlskrona, Sweden.
- [105] *A Spiral Model of Software Development and Enhancement*; Barry W. Boehm; IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA; Volume 21 Issue 5, May 1988.
- [106] *Process and product modeling*; Rachel Cooper, Ghassan Aouad, Angela Lee, and Song Wu; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 20; 2004; John Wiley & Sons.
- [107] *Project scheduling for collaborative product development using DSM*; Chun-Hsien Chen, Shih Fu Ling, Wei Chen; International Journal of Project Management 21 (2003) 291–299; Elsevier.
- [108] *Project Scheduling using Dependency Structure Matrix*; J. Uma Maheswari a, Koshy Varghese; International Journal of Project Management 23 (2005) 223–230; Elsevier.
- [109] *Methodology of outsourcing design and engineering process*; Shuichi Sato, Christoph Roser, Fumiko Kubota, Masaru Nakano; Information Control Problems in Manufacturing - INCOM 2006.
- [110] *System of experimental design: engineering methods to optimize quality and minimize costs* - Two volume set; Taguchi, Genichi; UNIPUB/Kraus International Publications, White Plains NY; 1987.
- [111] *Design for Environment: A Guide to Sustainable Product Development*; Joseph Fiksel; McGraw-Hill Professional; 2 edition; 2011.
- [112] *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*; Michael Braungart; North Point Press; 1st ed.; 2002.
- [113] *Design for Sustainability, a practical approach for Developing Economies*; Dr. M.R.M. Crul, Mr. J.C. Diehl; United Nations Environment Programme UNEP, Division of Technology, Industry and Economics; Delft University of Technology; 2006; <http://www.d4s-de.org/>.
- [114] *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*; Industry And Environment (1997); Volume: 20, Issue: 52, Publisher: UNEP.
- [115] ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework; International Organization for Standardization ISO; November, 2009.
- [116] Life Cycle Assessment (LCA) ; United States Environmental Protection Agency EPA; <http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/lca.html>
- [117] *A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines*; Cassandra Telenko, Carolyn Conner Seepersad, Michael Webber; 2008; ASME DETC Design for Manufacturing and the Lifecycle Conference, Brooklyn, New York. Paper Number: DETC2008-49651.
- [118] *A Method for Developing Design for Environment Guidelines for Future Product Design*; Cassandra Telenko, Carolyn Conner Seepersad, Michael Webber; 2009; ASME IDETC Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference, San Diego, CA, Paper Number: DETC2009-87389.
- [119] *Ecofriendly process behind eco-product development*; Bill Flanagan; 2008; GE Global Research Blog: Edison's Desk; <http://ge.geglobalresearch.com/blog/ecofriendly-process-behind-eco-product-development/>
- [120] *Safety, Health and Environment*; Alistair Gibb; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 22; 2004; John Wiley & Sons.
- [121] American Society of Industrial Engineers –IDSA–; <http://www.idsa.org/>
- [122] *Designing for People*; Henry Dreyfuss; Paragraphic Books; New York; 1967.
- [123] *Guías prácticas para gestión de propiedad industrial*; Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia; http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/propiedad_industrial/WEB/index.html
- [124] *Managing technology: Innovation, Learning and Maturity*; Rodney Turner, Anne Keegan; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 24; 2004; John Wiley & Sons.
- [125] Ruta N – Medellín, Centro de Innovación y de Negocios; <http://www.rutanmedellin.org>
- [126] COLCIENCIAS, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia; <http://www.colciencias.gov.co>
- [127] SIC, Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia; <http://www.sic.gov.co/es/>
- [128] *How do you design? A compendium of models*; Hugh Duberly; Manuscript in Progress 2012; Duberly Design Office, San Francisco, CA; <http://www.dubberly.com/articles/how-do-you-design.html>
- [129] *Intellectual Capital: Core asset for the third millennium*; Annie Brooking; Thomson Learning, 1996.
- [130] *The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization*; Peter M. Senge; Crown Business; Revised edition; 2006.

- [131] *Harvard Business Review on Knowledge Management*; Ikujiro Nonaka, Peter F Drucker, James Brian Quinn; Harvard Business Press; 1 ed; 1998.
- [132] *Factores clave para el éxito de la gestión de conocimiento*; Delio Ignacio Castañena; 2° Congreso Internacional sobre Gestión del Conocimiento y Aprendizaje Organizacional, Bogotá, 2009.
- [133] *Generic Design Process*; Frog Design Inc.; San Francisco, CA, USA; <http://www.frogdesign.com/services/process.html>
- [134] QFDLAT - Asociación Latinoamericana de QFD; <http://www.qfdlat.com>.
- [135] *United States Patent and Trademark Office* -USPTO; <http://www.uspto.gov/>
- [136] *The Financing of Projects*; Rodney Turner; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 15; 2004; John Wiley & Sons.
- [137] *Failure-Proof Projects*; Tom Kendrick, PMP; <http://www.failureproofprojects.com/index.php>
- [138] *Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems*; US. Department of Transportation, Federal Highway Administration; <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/seitsguide/section6.htm>
- [139] @RISK; Herramienta en Microsoft Excel para el análisis cuantitativo de riesgo en gestión de proyectos. <http://www.palisade.com/risk/>
- [140] SANDVIK; Tools for metal cutting, mining and construction tools, stainless steel and special alloy products; www.sandvik.com; Headquarters Sweden.
- [141] *Siemens Energy, Inc.* <http://www.energy.siemens.com/entry/energy/us/en/>
- [142] Modine Manufacturing Company; www.modine.com
- [143] *Lessons learned: project evaluation*; J. Davidson Frame; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 47; 2004; John Wiley & Sons.
- [144] *Project performance measurement*; Daniel M. Brandon, Jr.; The Wiley Guide to Managing Projects; Chapter 34; 2004; John Wiley & Sons.
- [145] *PDMA Foundation CPAS (Comparative Performance Assessment Study) Reveals New Results*; M. Adams, D. Boike; Visions 28, No. 3 (July 2004); 26-29; Chicago, PDMA, 2004.
- [146] *Drivers for NPD success: The 1997 PMDA Report*; A. Griffin; Chicago, PDMA, 1997.
- [147] Asociación Nacional de Empresarios de Colombia –ANDI – www.andi.com.co;
Noticia Junio 2012 “Al final de un semestre difícil, los empresarios fortalecen su estrategia de innovación”;
www.andi.com.co/pages/noticias/noticia_detalle.aspx?IdNews=315
- [148] Periódico El Mundo; Agosto 9 de 2012; *Empresas invierten en innovación*.
http://www.elmundo.com/portal/noticias/economia/empresas_invierten_en_innovacion.php

9. ANEXOS

9.1. Riesgos Típicos en Proyectos de Desarrollo de Productos

En este anexo se referencia una serie de riesgos típicos en proyectos de desarrollo de producto, compilada por el profesor Jimme Keizer y su grupo de investigación en *Eindhoven University of Technology*, Holanda (2005) [65]. Esta lista contiene riesgos organizados de forma integral, desde la óptica de la organización, en clasificaciones que facilitan su reconocimiento y tratamiento oportuno a lo largo de las etapas del proceso de desarrollo. Estos riesgos no sólo están enfocados a aspectos técnicos o tecnológicos en el producto, sino también, a los que pueden surgir en otros ámbitos, como el mercado, la organización, la gestión del proyecto, etc.

1.0	RIESGO DE FAMILIA DE PRODUCTOS Y DE POSICIONAMIENTO DE MARCA
1.001	Contribución a las categorías de estrategia del negocio
1.002	Contribución al portafolio de proyectos
1.003	Contribución al posicionamiento de marca
1.004	Potencial y programación del despliegue global
1.005	Ajuste dentro de marca existente
1.006	Canibalización del portafolio existente
1.007	Ajuste a imagen de marca
1.008	Desarrollo potencial de familia
1.009	Plataforma de despliegue
1.010	Reputación de la compañía
1.011	Potencial de recuperación de marca
1.012	Potencial de desarrollo de marca
1.013	Aceptación de la plataforma por el consumidor
2.0	RIESGOS DE LA TECNOLOGÍA DEL PRODUCTO
2.001	Funciones previstas conocidas y especificadas
2.002	El nuevo producto cumple las funciones previstas
2.003	Condiciones de uso conocidas y especificadas
2.004	Interacciones del producto en uso con materiales de insumo herramientas, etc.
2.005	Función y comportamiento de las propiedades de los componentes
2.006	Equilibrio adecuado entre los componentes del producto
2.007	El formato del producto cumple con los requisitos funcionales
2.008	Seguridad y requerimientos técnicos de los productos ensamblados
2.009	Alternativas para realizar las funciones destinadas del producto
2.010	Paridad en el rendimiento comparado con otros productos
2.011	Estabilidad de producto durante almacenamiento (en fábrica, almacén/bodega, transporte, en hogar)
3.0	RIESGOS DE LA TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA
3.001	Materias primas que cumplen los requisitos técnicos
3.002	Etapas del proceso para la realización el nuevo producto
3.003	Condiciones (temperatura, energía, requisitos de seguridad) para garantizar el procesamiento de un producto de buena calidad
3.004	Medios de producción (equipos y herramientas) necesarios para garantizar un producto de buena calidad
3.005	Potencial de ampliación de acuerdo con los estándares de rendimiento de producción
3.006	Requisitos de los sistemas de producción (estándares de calidad y seguridad, capacitación recurso humano, instalaciones, etc.)
3.007	Implicaciones del empaque del producto
3.008	Enfoques alternativos para procesar el producto requerido
3.009	Eficiencia de producción
3.010	Capacidad adecuada de producción disponible
3.011	Adecuada puesta en marcha de la producción
3.012	Reutilización de los rechazos en la producción
4.0	POSICIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
4.001	Protección del "know-how" original
4.002	Dependencia en desarrollos de terceros
4.003	Disponibilidad de licencias externas requeridas o "know-how"
4.004	Relación con los derechos legales y patentes de los competidores
4.005	Conocimiento de asuntos relacionados con patentes relevantes
4.006	Posibilidad de cruce de patentes
4.007	Posibilidad de registro de marca
5.0	RIESGOS DE ABASTECIMIENTO Y DE LA CADENA DE SUMINISTROS

5.001	Calidad del producto constante y predecible
5.002	Capacidad para satisfacer picos de demanda
5.003	Adecuado servicio posventa
5.004	Opciones de contingencia para cada uno de los proveedores seleccionados
5.005	Confiabilidad de cada proveedor en la entrega de acuerdo con los requisitos
5.006	Situación financiera de cada proveedor para garantizar desempeño de suministros a largo plazo
5.007	Experiencias pasadas con cada uno de los proveedores
5.008	Disposición de los proveedores de aceptar modificaciones, si es necesario
5.009	Posibilidad de cancelar contratos de suministros
5.010	Habilidad para producir o realizar las cantidades requeridas a precios aceptables
5.011	Adecuados arreglos contractuales con los proveedores
6.0	RIESGOS DE LA ACEPTACIÓN DEL CONSUMIDOR Y DEL MERCADEO
6.001	Las especificaciones del producto cumplen los estándares y exigencias del consumidor
6.002	Ajuste del nuevo producto con los hábitos del consumidor y/o condiciones del usuario
6.003	Beneficios para el consumidor del nuevo producto: características o cualidades únicas
6.004	Convicción del consumidor de obtener valor por su dinero, comparado con productos de la competencia
6.005	Atractivo del producto a los valores generalmente aceptados (p. ej. Salud, seguridad, naturaleza, medio ambiente)
6.006	Ventajas de facilidad de uso del producto, comparado con productos de la competencia
6.007	El producto ofrece un disfrute adicional, comparado con los productos de la competencia
6.008	El producto reduce los costos del consumidor, comparado con los productos de la competencia
6.009	Uso no previsto del producto por los consumidores
6.010	Estabilidad de la actitud del consumidor objetivo, durante el período de desarrollo
6.011	Comunicación del producto con el consumidor objetivo
6.012	Conocimiento de las necesidades primarias del consumidor
6.013	Aceptación de ingredientes claves del producto por parte de los consumidores objetivo
6.014	Capacidades para mercadeo de nicho
6.015	Demanda realista de producto
6.016	Eficacia de la publicidad
6.017	Reivindicaciones del producto estimulan al consumidor objetivo a comprar
6.018	Potencial de ventas repetitivas del nuevo producto
7.0	RIESGOS DE LA ACEPTACIÓN DE CLIENTE COMERCIAL
7.001	Las especificaciones del producto cumplen los estándares y demandas del cliente comercial
7.002	Cientes comerciales acogen el nuevo producto desde la perspectiva de ventas potenciales
7.003	Cientes comerciales acogen el nuevo producto desde la perspectiva del margen de utilidad
7.004	Cientes comerciales acogen el nuevo producto dadas la superficie y el volumen requeridos en las instalaciones de anaquel y almacenamiento
7.005	La actitud del cliente comercial permanece estable durante el período de desarrollo
7.006	Comunicación del producto con los clientes comerciales
7.007	Uso de canales de distribución adecuados
7.008	Cuidado adecuado del producto para el comercio
7.009	Personas de soporte comercial aprueban el nuevo producto
7.010	Cumplimiento de exigencias de inventario y disponibilidad
8.0	RIESGOS DE LA COMPETENCIA
8.001	Implicaciones en este proyecto de ser el líder de la tecnología o un seguidor
8.002	El producto proporciona claras ventajas competitivas
8.003	Impacto de la introducción del nuevo producto sobre la participación en el mercado
8.004	Impacto de la introducción del nuevo producto sobre los precios del mercado
8.005	Lanzamiento de un producto de la competencia antes del lanzamiento del nuevo producto
8.006	Acciones de respuesta esperadas de los competidores hacia el público y los medios
8.007	El nuevo producto permite la creación de barreras potenciales para los competidores
8.008	Actuación eficaz frente a las acciones de los competidores
8.009	Prever los futuros retos de los competidores
9.0	RIESGOS DE VIABILIDAD COMERCIAL
9.001	La meta de mercadeo está claramente definida y acordada
9.002	La meta de mercadeo está basada en datos de investigación convincentes
9.003	La proyección de costos de capital para el ciclo de vida del producto es viable y basada en datos convincentes
9.004	Las demoras en el lanzamiento del producto afectan la viabilidad comercial de este
9.005	Perspectivas de ventas realistas
9.006	Margen de utilidad basado en datos de investigación convincentes
9.007	Margen de utilidad ajustado a los estándares de la compañía
9.008	La proyección del retorno de la inversión (R.O.I.) cumple los estándares de la compañía

9.009	Estimativos de volumen claros y confiables
9.010	Viabilidad del producto debido a repetitividad de ventas
9.011	Acuerdos atractivos de compra con los proveedores
9.012	Conocimiento de la sensibilidad de precios
9.013	Inversiones adecuadas para garantizar la seguridad en la producción
9.014	Potencial de mercado a largo plazo
9.015	Financiamiento asegurado del capital de inversión
9.016	Potencial de un plan alternativo para usar un concepto previo del producto
9.017	Viabilidad del producto a pesar de las restricciones del mercado
10.0	RIESGOS ORGANIZACIONALES Y DE GESTIÓN DE PROYECTOS
10.001	Clima político interno estando a favor del proyecto
10.002	El proyecto es prioridad de la alta dirección y lo apoya
10.003	Interés de patrocinadores por el proyecto
10.004	La misión y metas del proyecto son claramente especificadas y factibles
10.005	El equipo del proyecto está suficientemente autorizado y calificado para llevarlo a cabo
10.006	El equipo del proyecto está utilizando efectivamente el conocimiento y la experiencia de expertos (internos)
10.007	Los roles, tareas y responsabilidades de todos los miembros del equipo están definidas y son apropiadas
10.008	Organización y gestión del proyecto
10.009	Proceso de toma de decisiones
10.010	Comunicación entre los miembros del equipo del proyecto
10.011	Estimación confiable y factible del dinero, tiempo y recurso humano requeridos
10.012	El dinero, tiempo y recurso humano requeridos están disponibles cuando se necesitan
10.013	El equipo está siendo informado a tiempo del avance del proyecto
10.014	Capacidad y voluntad de las partes externas de entregar a tiempo, dentro del presupuesto y cumpliendo las especificaciones técnicas
10.015	Opciones de contingencia para las partes en el proyecto que se han subcontratado con terceros externos
10.016	Colaboración dentro del equipo del proyecto
10.017	Colaboración con las partes externas
10.018	Colaboración entre del equipo del proyecto y la organización padre
10.019	Equipo del proyecto motivado y comprometido
10.020	Equipo del proyecto poniendo atención a los asuntos correctos
10.021	Planeación del proyecto y de contingencias
10.022	Aprendizaje de experiencias pasadas
11.0	RIESGOS EXTERNOS
11.001	Claridad acerca de quién es responsable por Relaciones Públicas (interlocución) para el proyecto
11.002	Claridad acerca de quiénes son los formadores de opinión
11.003	Anticipar efectivamente las posibles reacciones negativas externas
11.004	Anticipar efectivamente las restricciones legales y políticas a los mercados donde será lanzado el producto
11.005	Asuntos medio ambientales
11.006	Asuntos de seguridad
11.007	En el caso de nueva tecnología: chequear experiencias (externas) anteriores
11.008	Soporte para formadores de opinión
12.0	DETECCIÓN Y EVALUACIÓN
12.001	Prueba y medición de los objetivos de desempeño del nuevo producto
12.002	Prueba y medición de la apreciación del cliente comercial
12.003	Prueba y medición de la apreciación del usuario final
12.004	Prueba y medición de las propiedades adversas como una consecuencia del cambio tecnológico
12.005	Credibilidad de las mediciones (internas) a agencias externas
12.006	Pruebas que proporcionan evidencia confiable

Otra fuente importante y ampliamente empleada por empresas de gran trayectoria es la base de datos PERIL (*Project Experience Risk Information Library*) [49][137], compilada por el autor Tom Kendrick, PMP, con una gran cantidad de riesgos reconocidos en numerosos proyectos de desarrollo tecnológico en la industria.

9.2. Riesgos Típicos en Proyectos de Desarrollo de Servicios

13.0	INTANGIBILIDAD
13.001	Riesgo de llevar a cabo el proceso de desarrollo muy rápido
13.002	Riesgo un proceso de desarrollo al azar (omitiendo etapas)
13.003	Facilidad para que la competencia copie nuestro nuevo servicio
13.004	Riesgo de proliferación de nuevos servicios
13.005	Riesgo de confundir al cliente con demasiados servicios nuevos
13.006	Riesgo de sobrecarga de información con el equipo de operación y los clientes
13.007	Dificultades en la realización de I+D
13.008	Dificultades en la realización de un estudio de mercado cuantitativo
13.009	Ausencia de un prototipo físico para poner a prueba el mercado
13.010	Introducciones en mercado más lentas
13.011	Efecto del nuevo servicio en la imagen corporativa
13.012	Dificultades en la medición del éxito
13.013	Dificultades en determinar el costo actual del nuevo servicio
14.0	INSEPARABILIDAD
14.001	Necesidad de una mayor participación interinstitucional
14.002	Aumento en la importancia de los sistemas de entrega
14.003	Mayores niveles requeridos de información e insumos de entrada de clientes
14.004	Dificultad para asignar costos
15.0	HETEROGENEIDAD
15.001	Sistema de entrega estandarizado
15.002	Controles de calidad
15.003	Necesidad de desarrollar un adecuado nivel de estandarización
15.004	Dificultades en la prueba del concepto
15.005	Necesidad de sistemas de monitoreo y control
16.0	CADUCIDAD
16.001	Dificultades en la gestión de la oferta / demanda
16.002	Necesidad de mayores niveles de integración entre los departamentos
16.003	Necesidad de decidir un justo equilibrio entre gente y tecnología

9.3. Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA)

ICIPC / FMEA

Introducción a Análisis de Modos y Efectos de Falla *Failure Mode and Effects Analysis –FMEA–*

Preparado por: Ing. Carlos Roldán



INSTITUTO DE CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN DEL
PLÁSTICO Y DEL CAUCHO

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 1

Contenido

1. Abreviaciones Comunes
2. ¿Qué es FMEA?
 - Introducción
3. ¿Por qué FMEA?
 - Breve Historia
 - Objetivos
4. Términos Básicos
5. Tipos: SFMEA, DFMEA y PFMEA
6. ¿Cuándo usar FMEA?
7. Información Preliminar
8. Diagrama Ishikawa
9. ¿Cómo usar el FMEA? –Detalle de la metodología
10. Conclusiones - Ventajas de FMEA
11. Referencias

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 2

Abreviaciones Comunes

- FMEA: Failure Mode and Effects Analysis
- SFMEA: System Failure Mode and Effects Analysis
- DFMEA: Design Failure Mode and Effects Analysis
- PFMEA: Process Failure Mode and Effects Analysis
- RPN: Risk Priority Number
- RCA: Root Cause Analysis
- PLM: Product Life Cycle Management
- PDP: Product Development Process
- QFD: Quality Function Deployment
- Cp_c: Process Capability Index
- DFM: Design For Manufacturing
- DFA: Design For Assembly

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 3

¿Qué es FMEA? – Introducción

- Todo producto, proceso o servicio posee modos de falla.
- Los efectos representan los impactos de dichas fallas.
- FMEA es una herramienta proactiva y metódica para:
 - Identificar y analizar los riesgos (relativos) que existen en el diseño.
 - Iniciar las acciones para reducir los riesgos con mayor impacto actual o potencial.
 - Realizar seguimiento de los resultados del plan de acción en términos de reducción de riesgo.
- Herramienta clásica de la "Ingeniería Disciplinada y Multidisciplinaria"
 - Empleado en varias etapas del Proceso de Desarrollo y Gestión del Ciclo de Vida del Producto –PDP/PLM.
 - Fundamental para la Gestión del Riesgo.
- En Administración de Operaciones:
 - Facilita el uso óptimo y colaborativo de recursos .
 - Reducción de tiempos y costos de desarrollo.



ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 4

¿Por Qué FMEA? – Breve Historia

- Creado durante 1960 por la industria de la aeronáutica para las misiones del programa espacial *Apollo*.
- Fue adoptado por US NAVY en 1974 y se creó el estándar *Mil-Std-1629A*.
- En la década de los '80s *Ford* comenzó a incorporar FMEA en el desarrollo de productos para la industria automotriz. Se adaptó el estándar al sector: *SAE Standard J-1739*
- A pesar de que el estándar *Mil-Std-1629A* fue creado para la industria militar, hoy día es el modelo de FMEA más aceptado en diversos sectores industriales.
 - Fabricación de Semiconductores, Automotor, Aviación, Servicios Alimenticios, Plásticos, Software y Salud.
- Diagrama Ishikawa (*Fishbone diagram*) propuesto en 1960 por *Kaoru Ishikawa* para *Kawasaki*, es una de las 7 herramientas básicas para el control de calidad y una herramienta útil para la determinación de Modo-Causa-Efecto en FMEA.



ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 5

¿Por Qué FMEA? – Objetivos

Desarrollo de requisitos del sistema que minimizan la probabilidad de fallas.

Desarrollo de métodos para el diseño y prueba de sistemas para asegurar que las fallas se han eliminado.

Evaluación de los requerimientos del cliente para asegurar que éstos no den lugar a fallas potenciales.

Identificación de características de diseño que contribuyen a fallas y minimizar o eliminar sus efectos.

Gestión y trazabilidad de riesgos potenciales en el diseño, lo cual ayuda a evitarlos en proyectos futuros.

Aseguramiento de que cualquier falla que pueda ocurrir no hiera al usuario ni impacte seriamente al sistema.

Creación de productos de clase mundial.

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CIRELQIAN – DIC/14/2010 – 19wR021 6

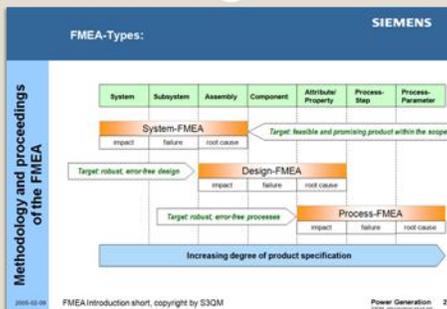
Términos Básicos

- **Modo de Falla:** Forma como se observa la falla; generalmente describe la manera como ocurre y la percibe el cliente; evidencia final de existencia de falla.
 - Problemas en el producto o sistema, especialmente aquellos que afectan al cliente. → Pueden ser potenciales o actuales.
- **Efecto de Falla:** Consecuencias inmediatas sobre la operación, funcionalidad o estado de algún elemento o sistema.
- **Análisis de Efecto:** Técnicas para el Estudio y Valoración de las consecuencias de dichas fallas.
- **Causa de Falla:** Defectos en el diseño, calidad, o aplicación del producto que constituyen la raíz o razón de inicio del proceso que conlleva a la falla.
- **Efecto local:** El efecto de la falla sobre el ítem del sistema bajo análisis.
- **Nivel de Indentación:** Identificador de la complejidad y cercanía del modo de falla al ítem del sistema bajo análisis. A mayor complejidad o relación directa con el ítem del sistema, el nivel se acerca a 1.
 - Se considera la relación de la causa y efecto de la falla con la jerarquía entre partes, sub ensamblajes o procesos de un sistema.
- **Severidad:** Las consecuencias de un modo de falla. Este criterio considera las peores consecuencias de una falla, determinadas por el nivel de herida a personas, daño a propiedad o daño a sistema que puede ocurrir.

Tipos: SFMEA, DFMEA y PFMEA

- **System-FMEA** determina posibles fallas en el diseño conceptual, en el propósito del **Sistema** y en la estrategia de desarrollo y producción.
 - Parte de los conceptos de los componentes del sistema y sus funciones.
- **Design-FMEA** determina posibles puntos débiles o fallas asociadas con el **Producto** que puedan causar
 - Mal funcionamiento.
 - Reducción del tiempo de vida.
 - Peligros contra la salud al utilizarlo.
- Debe ser empleado a lo largo del proceso de diseño – desde el diseño preliminar hasta que el producto sale a producción.
- **Process-FMEA** determina posibles fallas asociadas con el **Proceso** que puedan
 - Impactar la calidad del producto.
 - Reducir la confiabilidad del proceso.
 - Generar insatisfacción del cliente.
 - Crear riesgos de salud o ambientales.
- Idealmente se conduce antes de poner en marcha un nuevo proceso, pero deben realizarse también para el mejoramiento continuo.
- Se siguen principios y pasos similares en cada tipo de FMEA.

¿Cuándo usar FMEA?



¿Cuándo usar FMEA?

- Cuando un proceso, producto o servicio se está diseñando o rediseñando, posterior a una actividad de definición de funciones QFD (Quality Function Deployment).
- Cuando un proceso, producto o servicio existente se va a aplicar de una manera diferente.
- Antes de desarrollar planes de control para un proceso nuevo o modificado.
- Cuando se establecen objetivos de mejoramiento y optimización para un proceso, producto o servicio existente.
- Cuando se analizan fallas de un proceso, producto o servicio.
- Cuando se instituyen nuevas regulaciones.
- Cuando la retroalimentación de un cliente indica algún problema.
- Periódicamente a lo largo de la vida del proceso, producto o servicio.

Información Preliminar

- Descripción del sistema "Objeto del FMEA" y entendimiento de sus funciones.
- Creación de diagrama de bloques y flujos del sistema (opcional para sistemas complejos).
 - Mejor comprensión de la interacción de los componentes del sistema.
 - Relaciones lógicas alrededor de las cuales se puede construir el FMEA.
 - Crear codificación consistente para identificar los diferentes componentes del sistema.
 - Delimitar las fronteras y alcance del estudio.
- El FMEA se practica en equipo y no individualmente.
 - Moderador líder y facilita la sesión.
 - Selección de personas → balance de competencias relacionadas con el objeto de estudio.
 - Generación de Ideas (Brainstorming) para la determinación de modos de falla y relaciones causa-efecto.
 - Diagrama Ishikawa: organiza ideas en categorías y da estructura a la sesión de trabajo colaborativo.
- El plan de acción se establece a partir de las causas con alto nivel de riesgo.
- Un plan de control y/o de contingencia para las demás causas suele ser una extensión del FMEA y aunque no es parte obligatoria es recomendable.

Diagrama Ishikawa

- Creación de Diagramas ISHIKAWA para identificación de relaciones Causa – Efecto.
 - Prácticas de Brainstorming
 - Técnica de los "5 Porqués" (Five Whys)
- Categorías más comunes de fuentes de variación o causas de error:

1. **Personas:** Interpretación correcta de instrucciones, difusión apropiada de información, entrenamiento adecuado, influencia del ambiente sobre el usuario, tipos de roles, etc.
2. **Proceso:** Métodos para realizar el proceso, cómo se usa el producto, requisitos técnicos, políticas, procedimientos, reglas, regulaciones y leyes, etc.
3. **Maquinaria:** Equipo, computadores, uso correcto de herramientas correctas requeridas para realizar el trabajo, mantenimiento adecuado, maquinaria correctamente programada, etc.
4. **Materiales:** Materia prima, información validada, cambios, proceso definido y controlado, características de calidad apropiadas para la función del sistema, contaminación, manejo, etc.
5. **Mediciones:** Datos generados del proceso empleados para evaluar calidad, instrumentos calibrados, uso apropiado de instrumentos, etc.
6. **Ambiente:** Condiciones de trabajo, ubicación, tiempo, temperatura, cultura, etc.

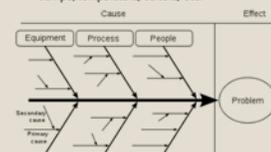


Diagrama Ishikawa

- Man**
 - Was the document properly interpreted? – Was the information properly disseminated? – Did the recipient understand the information? – Was the proper training to perform the task administered to the person? – Was too much judgment required to perform the task? – Were guidelines for judgment available? – Did the environment influence the actions of the individual? – Are there distractions in the workplace? – Is fatigue a mitigating factor? – How much experience does the individual have in performing this task?
- Machine**
 - Was the correct tool used? – Are files saved with the correct extension to the correct location? – Is the equipment affected by the environment? – Is the equipment being properly maintained (i.e. daily/weekly/monthly preventative maintenance schedule)? – Does the software or hardware need to be updated? – Does the equipment or software have the features to support our needs/usage? – Was the machine properly programmed? – Is the tooling/fixtures adequate for the job? – Does the machine have an adequate guard? – Was the equipment used within its capabilities and limitations? – Are all controls including emergency stop button clearly labeled and/or color coded or size differentiated? – Is the equipment the right application for the given job?
- Measurement**
 - Does the gauge have a valid calibration date? – Was the proper gauge used to measure the part, process, chemical, compound, etc.? – Was a gauge capability study ever performed? – Do measurements vary significantly from operator to operator? – Do operators have a tough time using the prescribed gauge? – Is the gauge fixturing adequate? – Does the gauge have proper measurement resolution? – Did the environment influence the measurements taken?

13

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

Diagrama Ishikawa

- Material (Includes Raw Material, Consumables and Information)**
 - Is all needed information available and accurate? – Can information be verified or cross-checked? – Has any information changed recently/ do we have a way of keeping the information up to date? – What happens if we don't have all of the information we need? – Is a Material Safety Data Sheet (MSDS) readily available? – Was the material properly tested? – Was the material substituted? – Is the supplier's process defined and controlled? – Were quality requirements adequate for part/function? – Was the material contaminated? – Was the material handled properly (stored, dispensed, used & disposed)?
- Milieu**
 - Is the process affected by temperature changes over the course of a day? – Is the process affected by humidity, vibration, noise, lighting, etc.? – Does the process run in a controlled environment? – Are associates distracted by noise, uncomfortable temperatures, fluorescent lighting, etc.?
- Method**
 - Was the canister, barrel, etc. labeled properly? – Were the workers trained properly in the procedure? – Was the testing performed statistically significant? – Was data tested for true root cause? – How many "if necessary" and "approximately" phrases are found in this process? – Was this a process generated by an Integrated Product Development (IPD) Team? – Was the IPD Team properly represented? – Did the IPD Team employ Design for Environmental (DFE) principles? – Has a capability study ever been performed for this process? – Is the process under Statistical Process Control (SPC)? – Are the work instructions clearly written? – Are mistake-proofing devices/techniques employed? – Are the work instructions complete? – Is the tooling adequately designed and controlled? – Is handling/packaging adequately specified? – Was the process changed? – Was the design changed? – Was a process Failure Modes Effects Analysis (FMEA) ever performed? – Was adequate sampling done? – Are features of the process critical to safety clearly spelled out to the

14

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

¿Cómo usar el FMEA?

15

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

Implementación

- Conformación del equipo multidisciplinario de trabajo.
- Creación de tabla con la información relevante del sistema.
 - Fecha y Número de la Revisión, nombres de los componentes objeto del FMEA.
 - Lista lógica de todos los ítems y funciones del sistema (dentro del alcance) a partir del diagrama de bloques.
- Metodología sistemática para clasificar los riesgos entre sí basada en el formato:

Item	Función	Failure Mode	Potential Cause of Failure	Effects	Cause X	Failure Mode	Current Controls	Risk Priority Number	Criticality Class	Recommended Actions	Responsibility and Target Completion Date	Action Status	OC	SEV	RPN	Class
- Se calcula un Número de Prioridad de Riesgo – RPN – y la Criticidad para cada modo de falla y su efecto resultante en función de criterios en la escala de valor de 3 factores:
 - La **Severidad** del efecto.
 - La frecuencia/probabilidad de **Ocurrencia** de la causa de la falla.
 - La **Detectabilidad** como habilidad para identificar, prevenir o controlar la falla o el efecto.
- Se procede a desarrollar el plan de acción para reducir el nivel de riesgo de los modos de falla con **Criticidad** o RPN mayor a un umbral.

16

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

Definición de Funciones

Item	Función	Failure Mode	Potential Cause of Failure	Effects	Cause X	Failure Mode	Current Controls	Risk Priority Number	Criticality Class	Recommended Actions	Responsibility and Target Completion Date	Action Status	OC	SEV	RPN	Class

- La función del ítem debe ser descrita en prosa con verbo y sujeto (normalmente resultado de actividad QFD).
- Cada función debe ser medible a través de una variable, parámetro o indicador.
- Se identifican a partir de:
 - Requisitos, Necesidades y Deseos.
 - Especificaciones Técnicas, Especificaciones de un programa.
 - Regulaciones y Normatividad.
- Conviene clasificar funciones como Primarias y Secundarias para la calificación posterior.
- Ejemplo:
 - Debe albergar una tasa de café grande (16oz).
 - Debe regular el flujo de calor de manera que la temperatura solo llegue hasta XX grados.
 - Especificación técnica # _____ Revisión # _____

17

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

Identificación de Modos de Falla

Item	Función	Failure Mode	Potential Cause of Failure	Effects	Cause X	Failure Mode	Current Controls	Risk Priority Number	Criticality Class	Recommended Actions	Responsibility and Target Completion Date	Action Status	OC	SEV	RPN	Class

- Los modos de falla se deben escribir concisamente (ayuda pensar en "anti-funciones").
- Comúnmente se reconocen 4 tipos de modos de falla:
 - Falla Completa
 - Falla Parcial, función excedida
 - Falla intermitente
 - Función no intencionada
- Ejemplo:
 - No alberga 16oz.
 - Transmite el calor muy rápido.
 - Se apaga cuando se calienta.
 - Generación de sedimento.

18

ICIPC® Convertimos CONOCIMIENTO en Riqueza CROOLIAN – DCI/14/2010 – 19w4031

Identificación de Efectos de Falla

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

- Se deben escribir los efectos en la forma que el usuario o cliente los describiría.
- Se deben considerar diversos tipos de clientes para los efectos según sea apropiado:
 - Seguridad, salud, ambiental / regulación.
 - Usuario final.
 - Clientes internos – manufactura, ensamble, servicio.
- Puede haber varios efectos por modo de falla. (Se declaran en filas independientes)
- Ejemplo:
 - Cantidad insuficiente de café suministrada.
 - Necesita ser re-abastecido muy frecuentemente.
 - Hiere a la persona – quemaduras.
 - Genera ruido, vibración

13

Determinación de la Severidad

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

Severity Rating Scale

Rating	Description	Definition (Severity of Effect)
10	Dangerously High	Failure could cause the customer to be injured.
9	Extremely High	Failure could cause non-compliance with regulatory requirements.
8	Very High	Failure involves the total replacement of the item.
7	High	Failure results in a high degree of customer dissatisfaction.
6	Medium	Failure results in a moderate or partial total replacement of the product.
5	Low	Failure creates enough of a performance loss to cause the customer to complain.
4	Very Low	Failure can be corrected with modifications to the customer's personal product, but there is no other performance loss.
3	Minor	Failure would create a minor nuisance to the customer, but the customer can correct it without performance loss.
2	Very Minor	Failure may not be readily apparent to the customer, but would have a minor effect on the customer's personal product.
1	None	Failure would not be noticeable to the customer and would not affect the customer's personal product.

- Se asigna una calificación de Severidad por cada efecto del modo de falla a partir de una escala de valor estandarizada en la organización.
- Las normas SAE Standard: J-1739 y Mil-Std-1629A establecen recomendaciones para las escalas de valor.
- Si se detecta una Severidad de 9 o 10 se debe a efectos que pueden ocasionar heridas o litigios y es necesario tomar una acción correctiva de inmediato.
- De 5 a 8 se comprometen las funciones principales.
- De 2 a 6 se comprometen las funciones secundarias.
- Se recomienda comenzar asignando valores de 3, 5, 7, 9 y proceder a refinar una vez se hayan calificado todos los efectos.

20

Investigación de las Causas

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

- Las causas deben estar limitadas a los problemas del diseño.
- El análisis se debe limitar a la frontera y alcance establecido (sistemas aplicables e interfaces con sistemas adyacentes).
- Usualmente puede haber más de una causa por cada modo de falla.
- Las causas se deben identificar por cada modo de falla y no a partir de los efectos.
- Herramienta: *Diagrama Ishikawa*
- Ejemplo:
 - Capa muy gruesa de material de aislante.
 - Insuficiente aislante.
 - Insomno copa de papel de tamaño incorrecto.

21

Determinación de la Ocurrencia

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

Occurrence Rating Scale

Rating	Description	Probable Failure Rate
10	Very High: Failure in all most instances.	More than one occurrence per day or a probability of more than three occurrences in 10 events (Cp > 3.0).
9	High: Failure in all instances as often as not.	One occurrence every three to five days or a probability of more occurrences in 10 events (Cp > 1.5).
8	High: Rare, frequent failures.	One occurrence every month or one occurrence in 100 events (Cp > 1.0).
7	High: Failure in some instances.	One occurrence every month or one occurrence in 100 events (Cp > 1.0).
6	Moderately High: Frequent failures.	One occurrence every three months or three occurrences in 1,000 events (Cp > 0.5).
5	Moderate: Occasional failures.	One occurrence every six months or one occurrence in 10,000 events (Cp > 0.3).
4	Moderately Low: Infrequent failures.	One occurrence per year or one occurrence in 100,000 events (Cp > 0.2).
3	Low: Slightly low failures.	One occurrence only once in three years or one occurrence in one million events (Cp > 0.1).
2	Low: Failure not too far between.	One occurrence every three to five years or one occurrence in one billion events (Cp > 0.05).
1	None: Failure is unlikely.	One occurrence in greater than five years or one occurrence in one trillion events (Cp > 0.01).

- Cada Causa se evalúa en términos de probabilidad de ocurrencia.
- La combinación de Severidad y Probabilidad de Ocurrencia determina la Criticidad del Riesgo.
- Puede haber ciertas causas recurrentes que tengan diferente calificación de ocurrencia según apliquen a determinado modo de falla.
- Ocurrencia de 1 debe ser justificada.

22

Cálculo de la Criticidad

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

- El valor de Clase de Criticidad es determinado por la relación entre los números de Severidad y Ocurrencia.
- Se emplea para reconocer características Críticas y Significativas.
- 4 zonas de criticidad recomendadas para priorizar ítems de acción.
 - Características Altamente Críticas
 - Características Significativamente Críticas
 - Pareto superior en RPN
 - Características Molestas
- Características Altamente Críticas deben ser corregidas de inmediato independiente del RPN.

23

Declaración de Controles

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Falla	Modo	Causa	Control	Riesgo	Criticidad	Recomendación	Responsabilidad y Fecha	Acción	Resultado
							RPN	Clase				

- Técnicas de detección, evaluación y prevención establecidas en el programa para el procesamiento, pruebas o control de calidad.
- Listar y numerar todas las pruebas y controles (preferiblemente protocolos escritos).
 - Prevención: (preferibles) evitan o reducen ocurrencia de la causa/mecanismo o modo de falla/efecto. Inciden sobre el número en Ocurrencia.
 - Detección: mediante métodos analíticos o físicos antes de la producción.

- Ejemplos para DFMEA:
 - Revisiones de diseño (P)
 - Especificaciones de diseño (P)
 - Datos históricos (P)
 - Creación de prototipos (P)
 - CAD-CAM-CAE, DFA-DFM (P)
 - Pruebas de laboratorio (P)
 - Evaluaciones (D)
 - Pruebas de campo (D)
 - Disciplina de programación (P)
 - Debugging (D)
 - Encuestas a clientes (P)
 - Benchmarking (D)
- Ejemplos para RCA (Root Cause Analysis):
 - Registros de Control Estadístico de Proceso (D)
 - Reclamos del cliente (D)
 - Devoluciones y reconocimiento de garantías (D)
 - Encuestas a clientes (D)

24

Determinación de la Detectabilidad

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Fallo	Causa	SEVERIDAD	OCURRENCIA	Detectabilidad	RPN	Clase

Rating	Description	Definition
10	Absolutely Uncertainty	The product is not inspected so the defect caused by failure is not detectable.
9	Very Remote	Product is sampled, inspected, and released based on Acceptable Quality Level (AQL) sampling plans.
8	Remote	Product is accepted based on no defectives in a sample.
7	Very Low	Product is 100% manually inspected in the process.
6	Low	Product is 100% manually inspected using go/no go or other reusable go/no go gauges.
5	Moderate	Some Statistical Process Control (SPC) is used in process and product is final inspected off-line.
4	Moderately High	SPC is used and there is immediate reaction to out-of-control conditions.
3	High	An effective SPC program is in place with process capabilities (Cp) greater than 1.33.
2	Very High	All products to 100% automatically inspected.
1	Absolutely Certain	The defect is obvious or there is 100% automatic inspection with regular calibration and performance inspection of the inspection equipment.

Cálculo del RPN

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Fallo	Causa	SEVERIDAD	OCURRENCIA	Detectabilidad	RPN	Clase	Recomendación de Acción	Responsability and Target Completion Date	Action Results

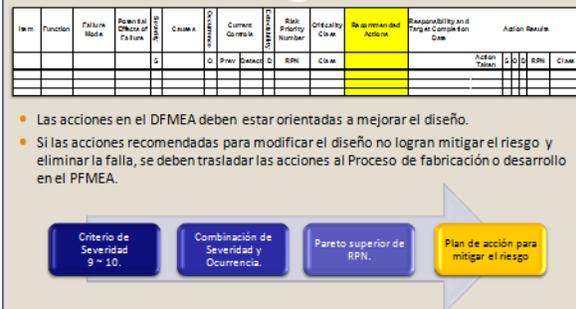
RPN = Severidad x Ocurrencia x Detectabilidad

- Indicador alternativo a Criticidad para establecer prioridad en las actividades del plan de acción.
- Normalmente se establecen acciones correctivas de alta prioridad para los items en el Pareto superior.
- Se emplea, junto con Clase de Criticidad para realizar evaluación de mejora una vez terminado el plan de acción.
- Ejemplos para DFMEA:
 - Cantidad insuficiente de Café – Severidad = 5, Copa de Papel tamaño incorrecta – Ocurrencia = 2, Pruebas Funcionales de Campo – Detectabilidad = 3. >> RPN = 30.
 - Herida a persona por quemadura – Severidad = 10, Aislamiento insuficiente – Ocurrencia = 5, Pruebas Funcionales de Campo – Detectabilidad = 3. >> RPN = 150.

Criticidad vs. RPN

- Ordenar los casos en orden de prioridad...
 - Caso 1: S = 5, O = 5, D = 2, RPN = 50 → **2. Criticidad Significativa**
 - Caso 2: S = 3, O = 3, D = 6, RPN = 54
 - Caso 3: S = 2, O = 10, D = 10, RPN = 200 → **3. Alto RPN**
 - Caso 4: S = 9, O = 2, D = 3, RPN = 54 → **1. Criticidad Alta**

Plan de Acción – Mitigación del Riesgo



Colaboración

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Fallo	Causa	SEVERIDAD	OCURRENCIA	Detectabilidad	RPN	Clase	Recomendación de Acción	Responsability and Target Completion Date	Action Results

- Cada acción debe tener una persona responsable asignada para completarla.
- La persona asignada como responsable también debe ser un miembro del equipo de trabajo.
- Cada acción debe ser completada dentro de un lapso de tiempo para una fecha determinada.

Clausura

Item	Función	Falla/Modo	Potencial Causa de Fallo	Causa	SEVERIDAD	OCURRENCIA	Detectabilidad	RPN	Clase	Recomendación de Acción	Responsability and Target Completion Date	Action Results

- FMEA solo ayuda a priorizar, no se corrige el problema hasta tanto no se ejecuten las actividades.
- El FMEA se considera concluido cuando todas las actividades del plan de acción han sido terminadas y los niveles de Criticidad y RPN se encuentran en valores aceptables.
- El FMEA es un documento vivo a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.
- El FMEA debe ser revisado periódicamente.

Conclusiones – Ventajas de FMEA



Referencias

1. FMEA @ American Society for Quality. <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html>
2. Kmenta, Steven; Koshuke Ishii (November 2004). "Scenario-Based Failure Modes and Effects Analysis Using Expected Cost". *Journal of Mechanical Design* 126 (6): 1027. <http://www.fmeainfocentre.com/presentations/SFMEA-IIE.pdf>
3. Nancy R. Tague (2004). "Seven Basic Quality Tools". The Quality Toolbox. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, p. 15. Retrieved 2010-02-05.
4. Seven Basic Quality Tools @ American Society for Quality. <http://asq.org/learn-about-quality/seven-basic-quality-tools/overview/overview.html>
5. FMEA Pitfalls and Limitations. http://www.qualitytrainingportal.com/resources/fmea/fmea_pitfalls.htm
6. Ishikawa Diagram http://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram
7. Quality Associates International, Inc. <http://www.quality-one.com/services/fmea.php>

Design FMEA Scope Worksheet

Product: _____
 Date: _____
 Scope Defined by: _____

Part 1: Who is the customer?

Part 2: What are the product features and characteristics?

Part 3: What are the product benefits?

Part 4: Study the entire product or only components or sub-assemblies?

Part 5: Include consideration of raw material failures?

Part 6: Include packaging, storage, & transit?

Part 7: What are the operational process requirements & constraints?

C_{pk}	Sigma level (σ)	Area under the probability density function $\Phi(\sigma)$	Process yield	Process fallout (in terms of DPMO/PPM)
0.33	1	0.6826894921	68.27%	317311
0.67	2	0.9544997361	95.45%	45500
1.00	3	0.9973002039	99.73%	2700
1.33	4	0.9999366575	99.99%	63
1.67	5	0.999994267	99.9999%	1
2.00	6	0.9999999980	99.9999998%	0.002

9.4. Propuesta de lista de chequeo para simulaciones mecánicas computacionales –FEA–.

ANALISTA:		MODELO:				
FECHA:		EVALUADOR:				
I	INICIO DE ACTIVIDAD	SI	NO	N/A	¿Acción requerida?	COMENTARIOS
1	La intención del análisis es clara (modos de falla, exploración, optimización, etc.)					
2	El acercamiento de modelación es apropiado					
3	Se han consultado análisis similares pasados					
4	Se ha consultado al evaluador de FEA					
II	PRE-PROCESAMIENTO	SI	NO	N/A	¿Acción requerida?	COMENTARIOS
1	El modelo está correcto (geometrías, simplificaciones, interfaces)					
2	Los tipos de elementos seleccionados y sus parámetros para la modelación, son adecuados					
3	Los contactos están bien definidos (tipo, elementos, relevancia)					
4	La malla es adecuada (tipo, niveles de detalle en zonas requeridas)					
5	Las propiedades de material son correctas (fuentes confiables, modelos constitutivos adecuados)					
6	Se han preparado topologías en el modelo para asignación de condiciones de frontera (BCs)					
7	Se han considerado las no-linealidades del modelo (material, contactos, deformación geométrica, etc.)					
8	Se ha consultado al evaluador de FEA					
III	ANÁLISIS TÉRMICO	SI	NO	N/A	¿Acción requerida?	COMENTARIOS
1	Las condiciones de frontera (BCs) han sido correctamente definidas y aplicadas					
2	Los pasos de carga (<i>load steps</i>) térmicos han sido aplicados correctamente como BCs					
3	Se ha aplicado una metodología apropiada de escalamiento de BCs					
4	Las condiciones transientes han sido aplicadas adecuadamente					
5	Los resultados térmicos se correlacionan con los datos experimentales					
6	Se han realizado análisis de convergencia					
7	Se ha consultado al evaluador de FEA					
IV	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	SI	NO	N/A	¿Acción requerida?	COMENTARIOS
1	Las condiciones de frontera (BCs) han sido correctamente definidas y aplicadas (cargas, contactos)					
2	Los pasos de carga (<i>load steps</i>) estructurales han sido aplicados correctamente					
3	El modelo está adecuadamente restringido					
4	Las condiciones de frontera ha sido correctamente aplicadas (estructurales o de contacto)					
5	Los resultados estructurales (esfuerzo, def, despl) se correlacionan con los datos experimentales.					
6	Se han realizado análisis de convergencia					
7	Se ha consultado al evaluador de FEA					

V	ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RESULTADOS	SI	NO	N/A	¿Acción requerida?	COMENTARIOS
1	Se ha evaluado el conjunto de resultados adecuado para la evaluación y toma de decisiones					
2	Se han identificado y evaluado las zonas de interés y criticidad en el diseño					
3	Se han verificado los resultados contra los límites permitidos y especificados para el diseño					
4	Se han evaluado posibles modos de falla previstos y no previstos, y se han tomado decisiones para mitigarlos					
5	Los resultados han sido adecuadamente nombrados y almacenados para auditoría y futuras referencias					
6	Se ha consultado al evaluador de FEA					

9.5. Recomendaciones para el diseño orientado al medio ambiente

A continuación se presenta una lista de recomendaciones de diseño para el medio ambiente (*Design For Environment -DFE*) basada en los estudios de la doctora Cassandra Telenko [117][118] de la Universidad de Texas, realizados en varios sectores industriales. Cada etapa del ciclo de vida del producto se presenta con sus correspondientes recomendaciones para ser tenidos en cuenta con el fin de reducir el impacto ambiental.

Etapa del ciclo de vida: MATERIALES	
<i>Aseguramiento de sostenibilidad de recursos</i>	
1	Especificar recursos renovables y abundantes.
2	Especificar materiales reciclables o reciclados, especialmente aquellos dentro de la compañía o para los cuales un mercado existe o necesita ser estimulado.
3	Disponer capas de material reciclado y virgen donde el material virgen es necesario.
4	Explotar propiedades únicas de materiales reciclados.
5	Emplear componentes comunes y re-manufacturados a través de los modelos
6	Especificar materiales mutuamente compatibles y elementos de fijación que se puedan reciclar
7	Especificar un tipo de material para el producto y sus sub-ensambles
8	Especificar materiales no compuestos, no mezclados y no aleados
9	Especificar formas de energía renovables
<i>Aseguramiento de entradas y salidas sanas</i>	
10	Instalar protección contra liberación de contaminantes y sustancias peligrosas
11	Especificar sustancias no peligrosas y ambientalmente "limpias", especialmente en lo relacionado con la salud del usuario.
12	Asegurar que los desperdicios son a base de agua o biodegradables
13	Especificar la fuente de energía más limpia
14	Incluir etiquetas e instrucciones para manejo seguro de materiales tóxicos
15	Especificar procesos de producción limpia para el producto y en la selección de componentes
16	Agrupar los elementos tóxicos para una fácil remoción y tratamiento
Etapa del ciclo de vida: PRODUCCIÓN	
<i>Aseguramiento del uso mínimo de recursos en la producción</i>	
17	Aplicar técnicas y materiales de mejoramiento estructural para minimizar el volumen total de material requerido.
18	Especificar materiales que no requieren tratamiento de superficie adicional, recubrimientos o tintas.
19	Configurar el producto para evitar rechazos y minimizar el desperdicio de material en la producción.
20	Minimizar el número de componentes.
21	Especificar materiales con bajo esfuerzo de producción y agricultura.
22	Especificar procesos de producción limpios y de alta eficiencia.
23	Emplear la menor cantidad de pasos de manufactura como sea posible.
Etapa del ciclo de vida: DISTRIBUCIÓN	
<i>Aseguramiento del uso mínimo de recursos en la distribución</i>	
24	Reemplazar las funciones y apariencia del empaque a través del diseño de producto
25	Emplear doblado, apilamiento o desensamble, para distribuir los productos en un estado compacto
26	Especificar materiales y compuestos livianos

Etapa del ciclo de vida: USO	
<i>Aseguramiento de la eficiencia de recursos durante el uso del producto</i>	
27	Implementar suministros reutilizables para asegurar la máxima utilidad de los consumibles
28	Implementar protección a prueba de fallos contra el calor y la pérdida de material
29	Minimizar el volumen y peso de las partes y materiales a los cuales es transferida la energía
30	Especificar los componentes mejores de su clase y energéticamente eficientes
31	Implementar el apagado predeterminado para subsistemas que no están en uso
32	Asegurar rápido encendido y apagado
33	Maximizar la eficiencia del sistema para un completo rango de condiciones de uso
34	Interconectar los flujos de energía y materiales disponibles dentro del producto y entre el producto y su medio ambiente
35	Incorporar la operación parcial y permitir a los usuarios apagar sistemas parcial o completamente
36	Usar mecanismos de retroalimentación para indicar cuánta energía o agua están siendo consumidas
37	Incorporar controles intuitivos para las características de ahorro de recursos
38	Incorporar características para prevenir el desperdicio de materiales por el usuario
39	Usar mecanismos predeterminados para restablecer automáticamente el producto a su entorno más eficiente
<i>Aseguramiento de la duración apropiada del producto y sus componentes</i>	
40	Reutilizar componentes embebidos que requirieron alta energía para serlo
41	Planear para el mejoramiento continuo de eficiencia
42	Mejorar la estética y funcionalidad para asegurar que la vida estética sea igual a la vida técnica
43	Asegurar un mantenimiento mínimo y minimizar los modos de falla en el producto y sus componentes
44	Especificar mejores materiales, tratamientos superficiales o arreglos estructurales para proteger el producto de suciedad, corrosión y desgaste
45	Indicar en el producto, cuáles partes deben ser limpiadas/sometidas a mantenimiento en una forma específica
46	Hacer que el desgaste sea detectable
47	Permitir fácil reparación y actualización, especialmente para componentes que experimentan cambios rápidos
48	Requerir poco servicio y herramientas de inspección
49	Facilitar el chequeo de componentes
50	Permitir des-ensamblaje y re-ensamblaje repetitivos
Etapa del ciclo de vida: RECUPERACIÓN	
<i>Permitir des-ensamblaje, separación y purificación de materiales y componentes</i>	
51	Indicar en el producto, cómo debería ser abierto y hacer obvios los puntos de acceso
52	Asegurar que las uniones y elementos de fijación sean fácilmente accesibles
53	Mantener la estabilidad y ubicación de las partes durante el des-ensamblaje
54	Minimizar el número y variedad de elementos de unión
55	Asegurar que las técnicas de des-ensamblaje destructivo no perjudiquen a las personas o a los componentes reutilizables
56	Asegurar que las partes reutilizables puedan limpiarse fácilmente y sin daño
57	Asegurar que los materiales incompatibles puedan separarse fácilmente
58	Hacer las interfaces de componentes simples y separables de forma reversible
59	Organizar un producto o sistema dentro de módulos jerárquicos por protocolos de estética, reparación y fin de vida
60	Implementar plataformas, módulos y componentes reutilizables / intercambiables
61	Condensar el fin de vida en un número mínimo de partes
62	Especificar adhesivos compatibles, etiquetas, recubrimientos de superficie, pigmentos y similares que no interfieran con la limpieza.
63	Emplear una dirección de desensamble, sin necesidad de reorientación
64	Especificar todas las uniones de manera que sean separables a mano, o solo unas pocas con herramientas simples
65	Minimizar el número y longitud de operaciones de separación
66	Marcar los materiales en moldes con tipos y protocolos de reutilización
67	Usar una estructura poco profunda o abierta para facilidad de acceso a los sub-ensambles

9.6. Encuesta ICIPC: Situación de Desarrollo de Producto (Antes de PDP)

La encuesta se realiza en el ICIPC antes de implementar el PDP, entre los meses de Abril y Junio del 2012. A continuación se presentan los resultados y algunas conclusiones relevantes. A partir de esta información se afina el PDP para el ICIPC.

Este cuestionario se formula con el doble propósito de iniciar en el grupo una sensibilización frente a la importancia del Proceso de Desarrollo de Productos y la Gestión de Riesgo en Proyectos, e identificar las incertidumbres y riesgos típicos en los proyectos que se llevan a cabo. Adicionalmente, se busca establecer el nivel de madurez que tiene la organización al momento de la realización de la encuesta, frente a las competencias necesarias para la gestión de riesgo en proyectos de desarrollo, e identificar puntos clave para trabajar y fortalecer con la ayuda del PDP.

	PERSONAS DEL ICIPC QUE PARTICIPARON EN LA ENCUESTA	CARGO
1	Dr. Ing. Alberto Naranjo C.	Director General
2	M.Sc. Omar Augusto Estrada R.	Subdirector de Procesos Continuos
3	Iván Darío López G. Ph.D.	Subdirector de Productos
4	Juan Diego Sierra M. Ph.D.	Subdirector de Materiales
5	Ing. Esp. Miguel Ángel Blanco P.	Jefe de Laboratorios
6	Ing. Esp. Juan Carlos Gallego	Asistente Laboratorio Físico
7	Ing. Esp. Jorge Iván Villegas	Asistente de División Técnica
8	Ing. Esp. Elkin Cardona	Asistente de División Técnica
9	Ing. Carlos Emilio Roldán P.	Asistente de División Técnica
10	Ing. Juliana Restrepo L.	Asistente de División Técnica
11	Ing. Jhorman Mena	Asistente de División Técnica
12	Tec. Diana Ángel	Asistente de División Técnica
13	Ing. José Alejandro Betancur M.	Asistente de Informática
14	Ing. Juan Camilo Estefan A.	Jefe del Informática
15	Ing. Ángela Natalia Colmenares V.	Directora Administrativa y Financiera

Aunque la muestra encuestada es de un tamaño relativamente pequeño, cubre prácticamente la totalidad de miembros del área técnica y administrativa que contribuyen a la planeación y ejecución de proyectos de desarrollo dentro del ICIPC. Por lo tanto se parte del supuesto de que sus respuestas son reflejo de las condiciones actuales del trabajo en desarrollo de productos. Además, aunque no todos los miembros participan en todos los proyectos al mismo tiempo, cada uno ha respondido la encuesta desde su percepción del trabajo en relación a los proyectos particulares en que han participado. Así, se puede evidenciar que las percepciones en ciertas preguntas pueden variar, lo cual sugiere las condiciones que se enfrentan actualmente en cuanto a que: (a) los proyectos pueden ser de tipologías diferentes, o (b) que la gestión puede ser heterogénea. Con respecto al primer punto, el PDP que se propone ofrece lineamientos para adaptarse a diferentes tipos de proyecto, con niveles diferentes de innovación, riesgo, o participación del cliente, entre otros aspectos. Respecto al segundo punto, el PDP busca que la gestión de proyectos sea menos heterogénea y más uniforme en los criterios, prácticas y pasos para llevar a cabo un desarrollo, promoviendo la comunicación, la disciplina y la trazabilidad de la información.

Ahora bien, aunque en algunas preguntas se puede apreciar cierto nivel de dispersión de las respuestas, en varias preguntas si se observan opiniones con tendencia a un acuerdo mayoritario. Estas respuestas dan pie para pensar que existe consenso en el tema de la pregunta y no es un caso de una posible falta de comunicación y de uniformidad de criterios. Estos aspectos se analizan en cada bloque de preguntas a continuación.

9.6.1. Tipos de proyectos

Una nueva solución o producto, entendido como un bien tangible o uno intangible (servicio), comprende dos dimensiones principales: Nivel de novedad para la organización (la organización nunca antes lo ha realizado o comercializado, pero posiblemente otras sí), y nivel de novedad para el mercado (el producto es el primero de su clase en el mercado). Acorde con estas dos dimensiones, los productos lanzados al mercado por una compañía pueden ser clasificados según las categorías de la siguiente pregunta. Los servicios y productos en general son soluciones, y pueden ser desarrolladas desde dentro del ICIPC para su público objetivo, o acompañando y asesorando a clientes externos con necesidades definidas.

¿Qué frecuencia considera que tienen los siguientes tipos de proyectos de desarrollo de productos y servicios en el ICIPC? Califique 4 para mayor frecuencia, o N/A cuando no aplica.

1	Proyectos de reducción de costos.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	3	20%	2	3	20%	3	5	33%	4	4	27%	N/A	0	0%
1	3	20%															
2	3	20%															
3	5	33%															
4	4	27%															
N/A	0	0%															
2	Mejoras a productos o servicios existentes.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0	0%	2	1	7%	3	7	47%	4	7	47%	N/A	0	0%
1	0	0%															
2	1	7%															
3	7	47%															
4	7	47%															
N/A	0	0%															
3	Adiciones a líneas de productos o servicios existentes (a partir de plataforma existente).	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	4	27%	3	8	53%	4	1	7%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	4	27%															
3	8	53%															
4	1	7%															
N/A	0	0%															
4	Reposicionamientos en el mercado (ej. tecnologías o soluciones de un mercado introducidas y aplicadas a otros).	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	4	27%	2	5	33%	3	5	33%	4	1	7%	N/A	0	0%
1	4	27%															
2	5	33%															
3	5	33%															
4	1	7%															
N/A	0	0%															
5	Nuevas Líneas de productos o servicios basados en plataforma existente.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	4	27%	3	7	47%	4	2	13%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	4	27%															
3	7	47%															
4	2	13%															
N/A	0	0%															
6	Productos o servicios nuevos al mundo (innovación radical).	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>40%</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	6	40%	3	7	47%	4	0	0%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	6	40%															
3	7	47%															
4	0	0%															
N/A	0	0%															

9.6.1.1. Comentarios y Conclusiones

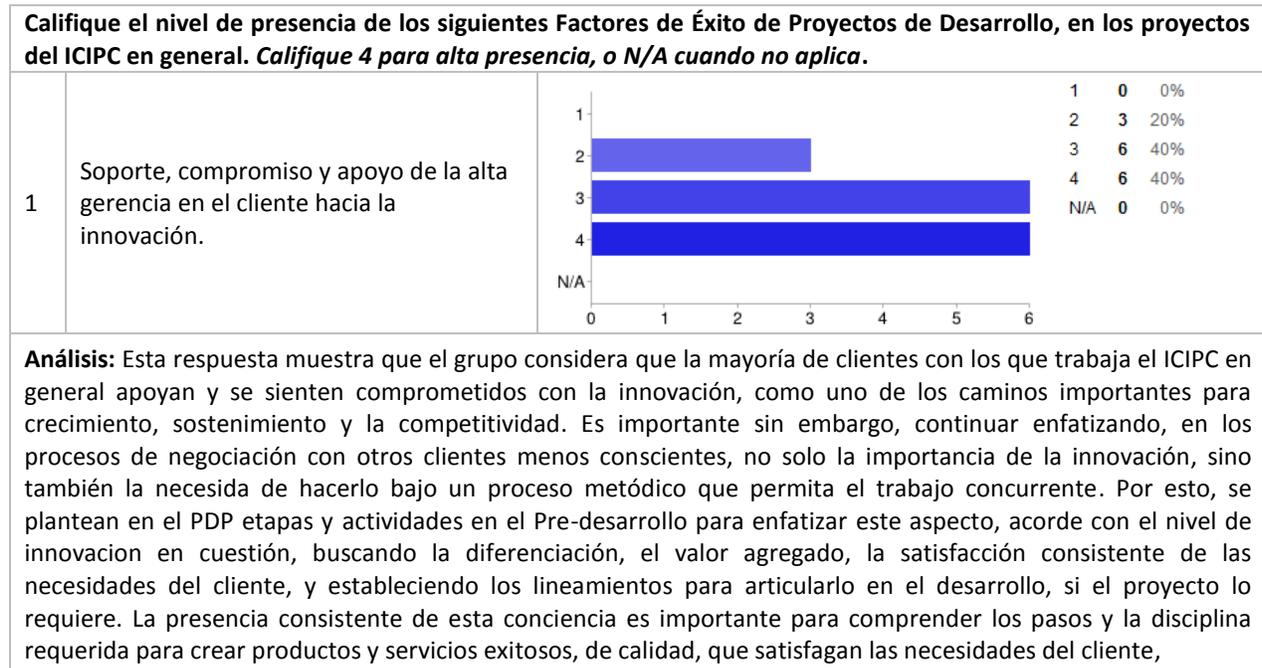
Se observa en general, que el ICIPC participa frecuentemente en proyectos de desarrollo con diferentes niveles de innovación, desde los relativamente simples orientados al mejoramiento incremental, hasta proyectos de alta complejidad con innovación radical. Con base en esto, se reconoce la clara necesidad de que el ICIPC posea y fortalezca constantemente, competencias para abordar y gestionar eficientemente y efectivamente cada uno de estos proyectos.

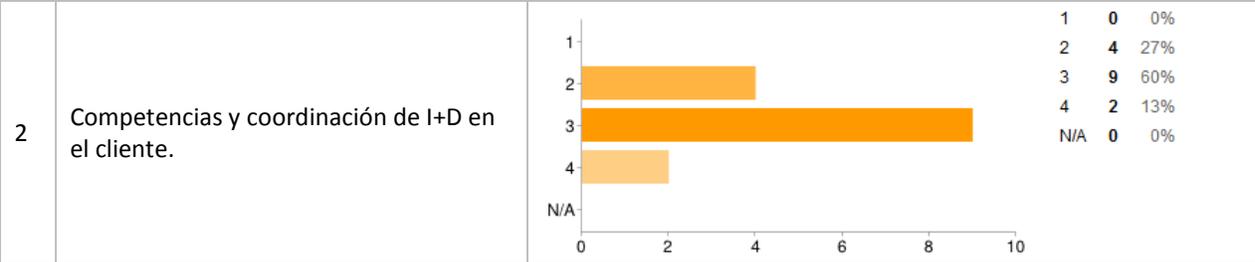
La necesidad de competencias para poder participar y/o coordinar proyectos, en todo el rango de la innovación, sugiere la necesidad de que el PDP se pueda escalar y adaptar según el tipo de proyecto, para que todos los desarrollos en los que participe el ICIPC, sean coherentes con las buenas prácticas de gestión, planificación, ejecución, manejo de recursos, y gestión del riesgo establecidas.

Así mismo, el PDP, como un proceso particularizado de un proceso general existente en la organización, como lo es el PHVA, permitirá conducir más de cerca el proceso particular de innovación y desarrollo, sugiriendo las actividades, su secuencia cronológica, los hitos esenciales y las mejores prácticas para la evaluación del progreso y la ejecución exitosa de los proyectos.

9.6.2. Factores de éxito en proyectos de desarrollo de productos

Debido a las diferencias básicas entre los proyectos de Desarrollo de Nuevos Productos (NPD) y otros tipos de proyectos, es razonable esperar diferencias en los factores críticos para el inicio, desarrollo y cierre exitoso de estos proyectos. Estos factores, como se enuncian en la siguiente pregunta, impactan de manera importante el ciclo de vida de los proyectos de desarrollo de nuevos productos y servicios. Por tanto, a partir de la incorporación juiciosa de estos factores en el proceso de innovación, las empresas más exitosas han adoptado y madurado su Proceso de Desarrollo de Producto (PDP).

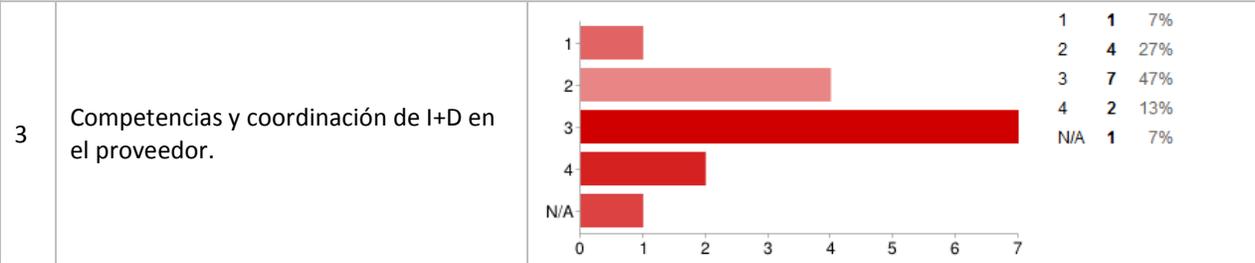




Análisis: No solo es importante asegurar que el cliente entienda el valor de la innovación a la hora de contratar un acompañamiento de desarrollo de producto, sino que también es importante que entienda que hoy en día, los proyectos de desarrollo de productos competitivos con alto valor agregado, requieren del trabajo colaborativo de varias partes. En este sentido, el cliente juega un papel primordial determinando la justificación del proyecto, los objetivos del producto, estableciendo el caso de negocio, la viabilidad de mercado, etc. Para esto, con frecuencia, se necesita que el cliente posea competencias para coordinar estas labores, y haga sus entregables oportunamente y con buena calidad.

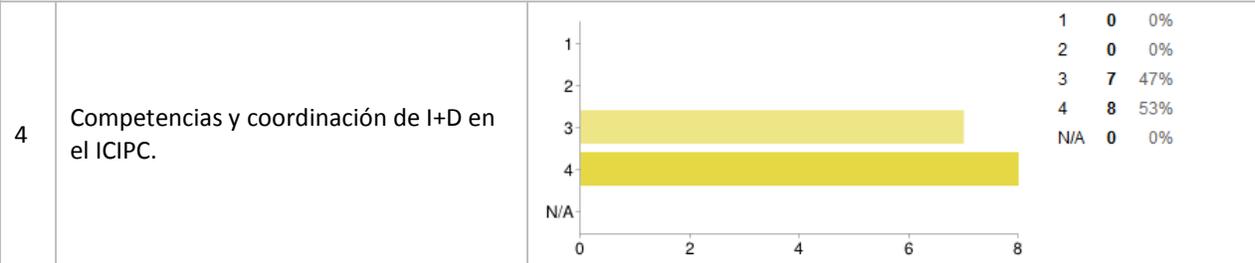
Aunque un 60% de los encuestados opinan que el cliente generalmente si cuenta con estas competencias, también se percibe (27%) que algunos clientes requieren fortalecer estas habilidades. El proceso de gestión de riesgo (PGR) articulado con el PDP propuesto, permite al ICIPC, vislumbrar la existencia de estas competencias y prepararse para posibles efectos si no están presentes. Al mismo tiempo, con una buena comunicación dentro del PDP, el ICIPC le puede comunicar al cliente las necesidades en este campo, y señalarle las posibles implicaciones asociadas.

Por otra parte, si en el PGR aplicado a un proyecto particular, se determina un alto riesgo en este aspecto, es posible que el ICIPC requiera tomar medidas contingentes para asegurar el logro conjunto de los objetivos del proyecto.



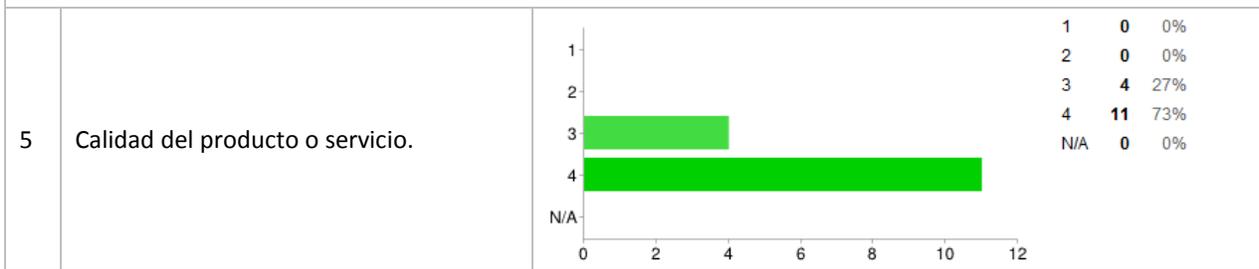
Análisis: Similar al caso anterior, el PGR conducido en el PDP, permite establecer las competencias en los proveedores y aliados en el proyecto. Se observan opciones entre los miembros encuestados, que en este aspecto han podido faltar competencias, especialmente en proyectos que por su complejidad o características técnicas y tecnológicas requieren articular al proveedor dentro del desarrollo.

Se incluyen por tanto, dentro de las etapas del desarrollo del PDP, actividades que permiten asegurar una participación responsable de los aliados y proveedores, y la coordinación de los mismos por parte del ICIPC.

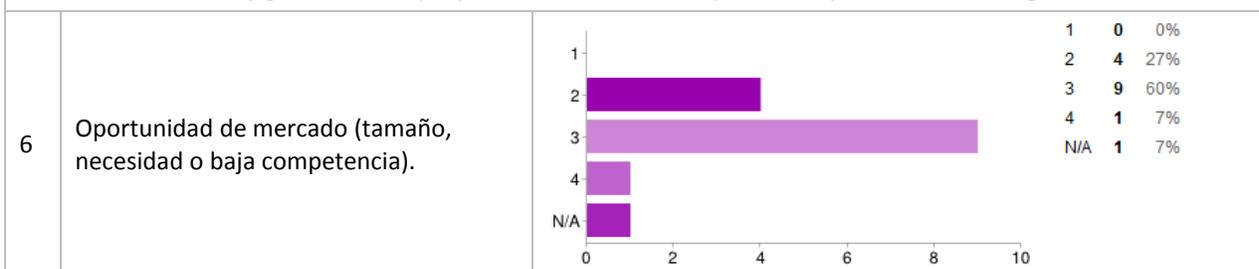


Análisis: Gracias a la trayectoria y alto nivel técnico que se maneja en el ICIPC, se observa una percepción casi unánime en que las competencias para gestionar I+D han sido, en general, muy buenas. Con el PDP, se busca organizar y consolidar las mejores prácticas, al tiempo que se busca complementarlas con otras recomendadas por empresas y autores de amplia trayectoria en gestión de desarrollo de productos y servicios, a fin de ayudar a

transmitirlas a nuevos colegas que se integran al grupo de técnico y administrativo del ICIPC.



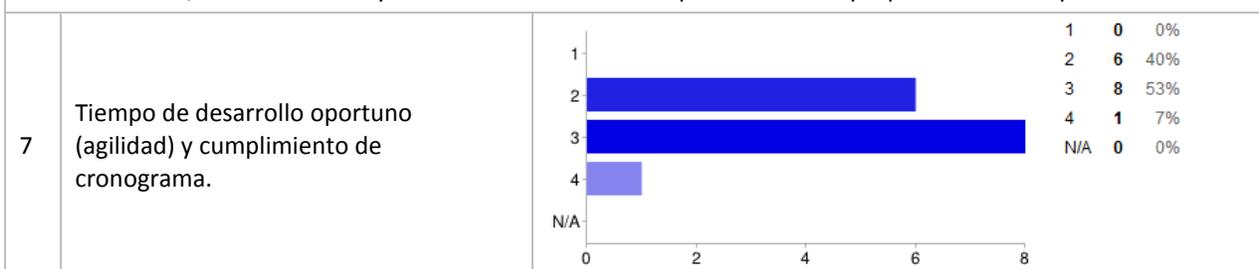
Análisis: Se percibe una opinión casi unánime sobre la alta calidad que han caracterizado los productos y servicios, cuyo desarrollo coordina o acompaña el ICIPC. Esto es en parte debido a su trayectoria ejerciendo disciplinadamente un sistema de gestión de calidad que busca el mejoramiento continuo y la satisfacción del cliente. Precisamente, gracias a esta filosofía de trabajo, se motivó el desarrollo del PDP, con el fin de mejorar la eficacia, trazabilidad y gestión de los proyectos de desarrollo de productos y servicios en la organización.



Análisis: Como se explica en el PDP, un gran factor del éxito de un producto es el enfoque a las necesidades del mercado y el conocimiento de las características de éste, ya que es uno de los elementos más importantes para establecer el caso de negocio que motiva y justifica articular todo el PDP para un proyecto de desarrollo.

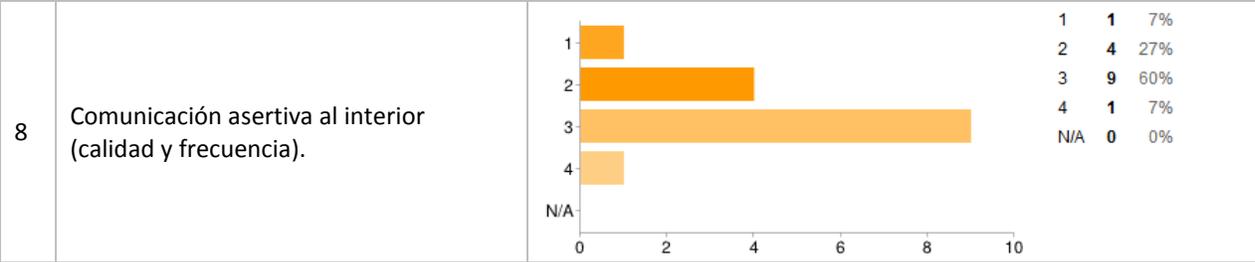
Se observan en esta pregunta, percepciones que indican que en ocasiones se han adelantado proyectos que tal vez no han tenido el enfoque apropiado hacia el mercado. En estas ocasiones, al tener en cuenta este aspecto, el producto desarrollado hubiese podido ser más diferenciado, o el caso de negocio hubiese podido conducir un producto más exitoso financieramente para el cliente (o servicio para el ICIPC).

Para fortalecer este aspecto, en proyectos donde sea pertinente, el PDP enfatiza en la etapa del caso de negocio, actividades que ayudan a definir un mejor concepto de producto para llevar al desarrollo, incluyendo aspectos diferenciadores, funcionalidades y características de calidad que acentúen la propuesta de valor para el mercado.



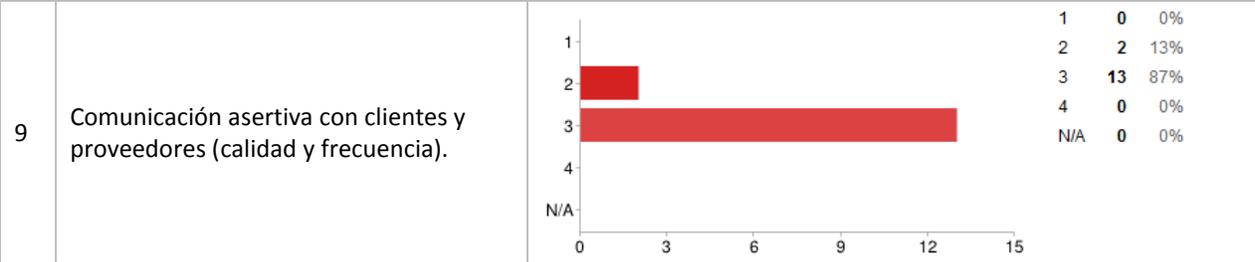
Análisis: Se observa que en este aspecto, existe oportunidad de mejora, pues, por diversas razones que se pueden entender como riesgos no previstos, o previstos pero no controlados adecuadamente, el tiempo de desarrollo se ha visto extendido a fin de cumplir con los objetivos de algunos proyectos.

Con el PDP, se busca fortalecer las competencias en gestión de riesgo que permitan trazar y mantener actualizado, progresivamente a lo largo de las etapas, un plan de trabajo que considera los medios para mitigar y controlar los posibles riesgos que se identifican. Adicionalmente, con los registros de riesgo generados durante el PDP y la adecuada realización de un análisis retrospectivo de proyecto, sea que éste concluya en implementación o no, se busca captar las lecciones y experiencias que permitan mejorar continuamente la planificación en proyectos futuros.



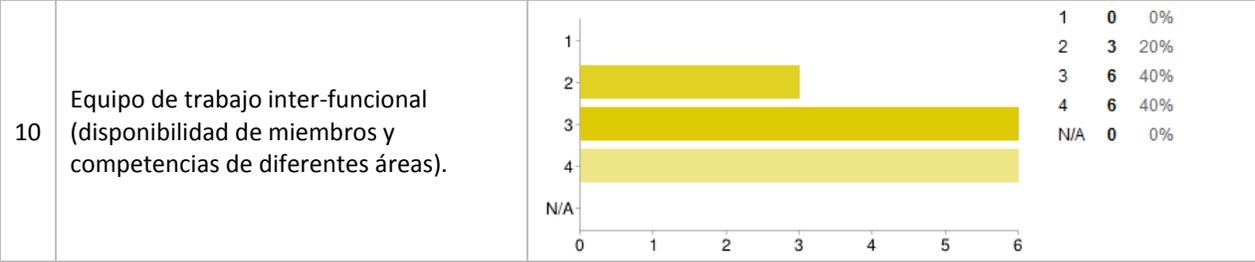
Análisis: Se puede observar que en ocasiones el grupo de trabajo, debido a otras ocupaciones, prioridades y niveles de experiencia, no siempre establece unos canales uniformes, consistentes y/o oportunos de comunicación en los proyectos.

Se reconoce que el factor de comunicación es uno de los más importantes en todo PDP, y por tanto, la filosofía de etapas y compuertas, las prácticas de trazabilidad y control de actividades y riesgos, entre otras, buscan aprovechar esta oportunidad de mejora, para fortalecer los existentes y abrir nuevos espacios importantes y homogéneos de comunicación efectiva, que contribuyan a mejorar la productividad y la eficacia del trabajo, y la motivación de los integrantes del grupo.



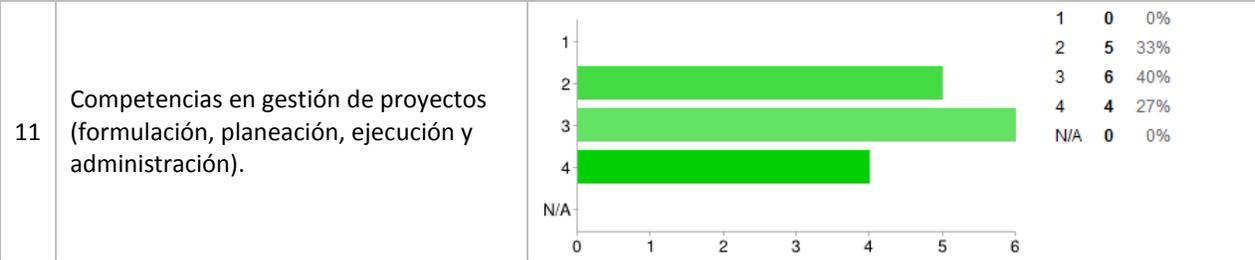
Análisis: Los líderes de proyecto en el ICIPC, deberán tener presente en todo momento la importancia de la comunicación oportuna y eficiente con las partes externas, especialmente cuando contribuyen con entregables clave para el proyecto.

Actualmente, varios de los líderes de proyecto del ICIPC manejan unas buenas habilidades de comunicación con los clientes, sin embargo con el PDP se ayuda a que todo el equipo de trabajo esté enfocado con el plan de trabajo, el avance del proyecto, y los cambios o decisiones que se toman durante el camino.

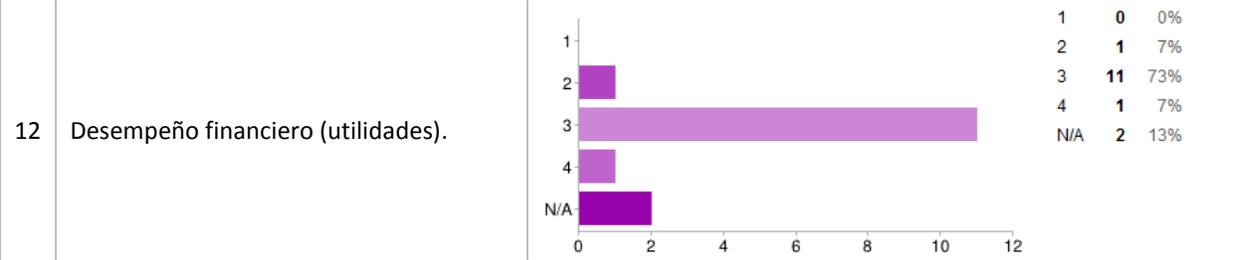


Análisis: Parte de los lineamientos que da el PDP para la planificación del trabajo, y la actualización del plan a medida que evoluciona el proyecto, se enfoca en comprender las necesidades de diferentes recursos según el proyecto, y los criterios para ser aprobados y asignados por quienes dirigen o contratan la labor de desarrollo.

Se observan aquí algunas percepciones relacionadas con una posible falta o consistencia de los recursos necesarios en algunos proyectos pasados, y se debe tener cuidado, pues la falta de disponibilidad o relevo estratégico y oportuno del recurso, se convierte en un riesgo grande y afecta considerablemente el logro de los objetivos del proyecto en el tiempo establecido.



Análisis: Aunque el PDP no constituye un curso para aprender a gestionar proyectos, si facilita para un líder de proyecto, entender aspectos propios en proyectos de desarrollo e innovación y particulares a las necesidades del ICIPC. Con relación a este factor de éxito, se puede observar que la opinión está dispersa, debiéndose principalmente a que existen diferentes niveles de experiencia y estilos de gestión entre los miembros encuestados. En general, se puede concluir que, si bien actualmente hay personas con habilidades desarrolladas para gestionar proyectos de desarrollo, constantemente podrá haber otros nuevos que entran a la organización o que comienzan su curva de aprendizaje. Por el bien del grupo, el PDP constituye un procedimiento que busca capturar las mejores prácticas actuales y las organiza en una secuencia cronológica para la facilitar la gestión y reducir el riesgo.

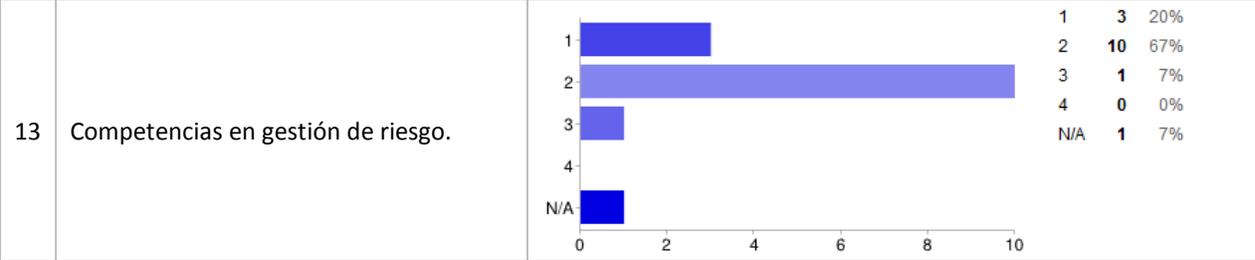


Análisis: Como se explica en el PDP, uno de los criterios para considerar que un producto o servicio es exitoso, es su desempeño financiero una vez es lanzado e implementado. Independiente si es un producto o un servicio, las utilidades son importantes para la sostenibilidad y crecimiento del grupo de trabajo, el mejoramiento de la infraestructura y de la dotación, y el acceso a los insumos y recursos especializados.

Es importante no perder de vista que el caso de negocio se justifica alrededor de un concepto de producto o servicio que ofrece una propuesta de valor que soluciona un problema a un costo y tiempo razonable, que hace atractivo el producto final en el mercado, y que genera utilidades para reinvertir en el funcionamiento de la organización, particularmente en el ICIPC como entidad sin ánimo de lucro.

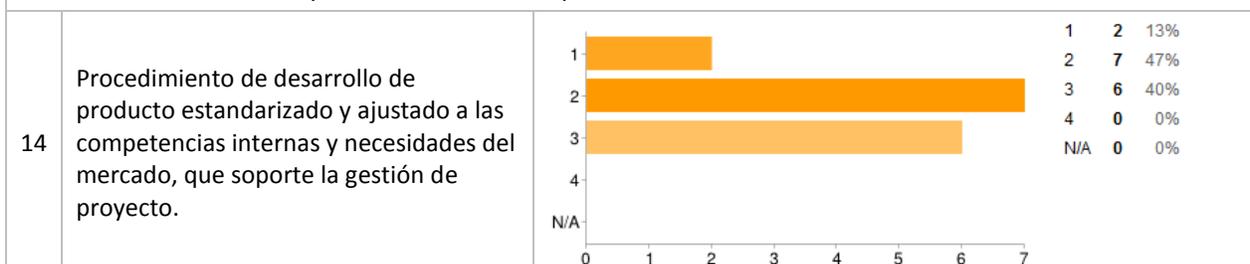
Por otro lado, no se debe descuidar que cuando se presentan problemas de gestión en servicios de ingeniería y ejecución de proyectos, el desempeño financiero de dicha actividad también se ve impactado.

Ahora bien, en casos de proyectos de desarrollo contratados por un cliente, él es quien, en principio, se ocupa de evaluar este aspecto y determinar la viabilidad financiera y comercial de su producto. Sin embargo, se debe tener en cuenta que algunos de los requisitos financieros impuestos en el desarrollo, se pueden traducir en especificaciones de costos asociados con el diseño, la creación y el ciclo de vida del producto.



Análisis: Como se explica en el PDP, la gestión de riesgo es un factor de éxito integral a la gestión de proyectos. Cuando una organización posee buena madurez en este factor, cuenta con estrategias para controlar riesgos conocidos que pueden ocurrir, o mitigar las consecuencias de riesgos desconocidos, basados en la experiencias propias o ajenas, y cuenta con procesos y prácticas establecidas uniformemente para identificar, y controlar riesgos.

Se debe recordar que, en síntesis, el riesgo es todo evento que de presentarse puede impactar el logro de los objetivos del proyecto y del producto. Aunque algunos miembros del ICIPC llevan a cabo prácticas asociadas a este factor, aquí se observa una clara oportunidad de mejora para la organización. Para atender esta oportunidad, el PDP acopla un Proceso de Gestión de Riesgo PGR adaptado para la gestión de proyectos en el ICIPC, basado en definiciones, lineamientos y recomendaciones aceptadas en la industria.



Análisis: El consenso que se observa con la apreciación de la necesidad de un procedimiento unificado en el ICIPC, particularizado para el desarrollo de productos y servicios y ajustado a las necesidades internas y de los proyectos con clientes con los que el Instituto trabaja, es una de las principales motivaciones para haber estructurado la propuesta del PDP presentada en la Guía.

	FACTOR	CALIFICACIÓN	NO. DE RESPUESTAS	
15	Otros Factores de Éxito.	Alta competencia del personal	4	1
		Laboratorios integrados en la Institución	4	1
		Enfoque mixto Academia-Industria	4	1
		Seguimiento del proyecto post cierre	3	1

Análisis: Este espacio considerado dentro de la encuesta, para captar otros factores que los miembros del grupo consideran importantes para el éxito de los proyectos, permite observar que en particular para el ICIPC, las competencias técnicas del personal son clave para la competitividad y calidad de sus servicios de desarrollo, así como también la disponibilidad de ciertas dotaciones e infraestructura, como el laboratorio acreditado y la participación en programas académicos e investigativos con la Universidad EAFIT y otras entidades. Por esta razón, se enfatiza la necesidad de considerar durante la planeación de los proyectos de desarrollo, la disponibilidad de dichos recursos, su adecuación, formación y capacitación. Por otro lado, se reconoce que en ocasiones, el seguimiento de proyecto post cierre, es ejecutado por algunos miembros. Con el PDP, se formaliza esta actividad con el análisis retrospectivo a fin de promover el mejoramiento continuo del proceso.

9.6.2.1. Comentarios y Conclusiones

En este punto se reconocieron factores fuertes que actualmente algunas personas del ICIPC reconocen como buenas prácticas en la gestión de PD. Así mismo, se reconocieron aspectos débiles o de baja presencia en los proyectos. De esta manera, tanto las fortalezas como las debilidades fueron tenidas en cuenta en la implementación del PDP: incorporando actividades en las etapas y criterios en las compuertas, que buscan formalizar las buenas prácticas aplicadas, y mejorar los aspectos débiles con nuevos lineamientos y sugerencias de trabajo. Igualmente, los factores esenciales de éxito con baja presencia actualmente, se reconocieron como fuentes potenciales de riesgo en la gestión, y se enfatizaron las correspondientes actividades de mejora en el PDP.

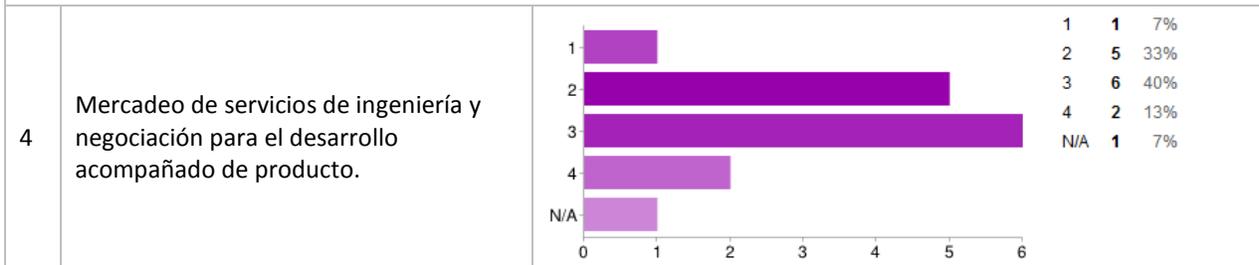
9.6.3. Actividades típicas del proceso de desarrollo

En la literatura sobre desarrollo de productos y casos de estudio en la industria, se observa que el PDP es variable y ajustado a la medida, incorporando los factores críticos de éxito de cada empresa, para el apoyo en la gestión de proyectos NPD. También, los nombres de las etapas en el PDP cambian, dependiendo del autor y de las empresas

que lo implementan en la práctica. No obstante, las diferentes versiones del PDP obedecen la esencia de un proceso genérico, con actividades como las que se enuncian en esta pregunta, estableciendo un punto de partida para la apropiación y adopción de la metodología en la organización.

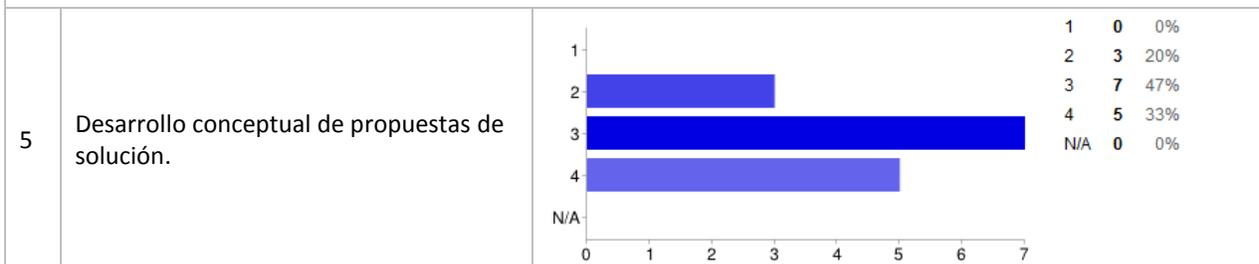
Califique el nivel de calidad con que se cumplen las siguientes actividades típicas de Proyectos de Desarrollo, en los proyectos del ICIPC en general. Califique 4 para máximo valor, o N/A cuando no aplica o no se realiza determinada actividad.																	
1	Evaluación preliminar de necesidades del mercado.	<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>40%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>40%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>1</td><td>7%</td></tr> </table>	1	0	0%	2	6	40%	3	6	40%	4	2	13%	N/A	1	7%
1	0	0%															
2	6	40%															
3	6	40%															
4	2	13%															
N/A	1	7%															
<p>Análisis: Esta pregunta presenta diversidad de opinión. Como se establece en la Guía del PDP, es importante que el equipo tenga claro cómo se debe realizar esta actividad y que implicaciones tiene según el tipo de proyecto. Evaluar y entender las necesidades del mercado, en general para proyectos contratados por el cliente para que el ICIPC acompañe el desarrollo técnico y tecnológico, implica que dicho cliente industrial se encarga de realizar dicho estudio de mercado y capturar las necesidades. Sin embargo, en estos casos el ICIPC no debe ignorar que este cliente industrial a su vez hace parte del mercado para el servicio de ingeniería mediante el cual se realizará el producto. Por este motivo, en un diferente nivel, el ICIPC también deberá evaluar las necesidades particulares de su cliente y determinar si está en capacidad de solucionarlas.</p> <p>Por otro lado, cuando se trata de un proyecto interno o propio del ICIPC para el desarrollo de un nuevo producto o servicio, sí se hace obligatorio realizar esta actividad con el nivel de rigor necesario para mitigar el riesgo estimado para el caso.</p> <p>Como se explica en este anexo, en varias preguntas donde se aprecia dispersión de opinión, una conclusión que se puede sugerir es que existe una oportunidad para unificar criterios, y esto es uno de los propósitos de la Guía PDP.</p>																	
2	Evaluación preliminar de factibilidad técnica (pre-factibilidad).	<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0	0%	2	4	27%	3	8	53%	4	3	20%	N/A	0	0%
1	0	0%															
2	4	27%															
3	8	53%															
4	3	20%															
N/A	0	0%															
<p>Análisis: Las respuestas de esta pregunta evidencian que existe un consenso sobre el hecho de que en general el ICIPC posee dentro de sus prácticas de desarrollo de producto, el cumplimiento de actividades que le permiten evaluar apropiadamente la pre-factibilidad técnica de los proyectos. Con el PDP entonces, se pretende consolidar esta práctica, sugiriendo claramente las actividades adecuadas para hacerlo, y ubicarla, dentro de un proceso de refinamiento, en dos etapas: una para llevar a cabo un análisis de pre-factibilidad, y otra para llevar a cabo el análisis detallado de factibilidad.</p>																	
3	Diagnóstico del estado del desarrollo del producto hecho por el cliente, cuando busca acompañamiento.	<table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0	0%	2	3	20%	3	5	33%	4	7	47%	N/A	0	0%
1	0	0%															
2	3	20%															
3	5	33%															
4	7	47%															
N/A	0	0%															

Análisis: Con esta pregunta se observa que al menos la mitad de los integrantes del grupo encuestado del área técnica del ICIPC entiende bien la importancia del diagnóstico de la idea y la aplica adecuadamente para evaluar las condiciones con las que se debe iniciar un proyecto de acompañamiento y realizar la asesoría en el desarrollo del producto. Sin embargo, para realizar esta actividad de manera consistente, es importante establecer los criterios para hacerlo. Con el PDP, al establecer un mapa de desarrollo, y los elementos que deben existir en cada paso, se pretende unificar los criterios para poder establecer la cantidad de trabajo y alcance requerido para el acompañamiento al cliente según su necesidad.

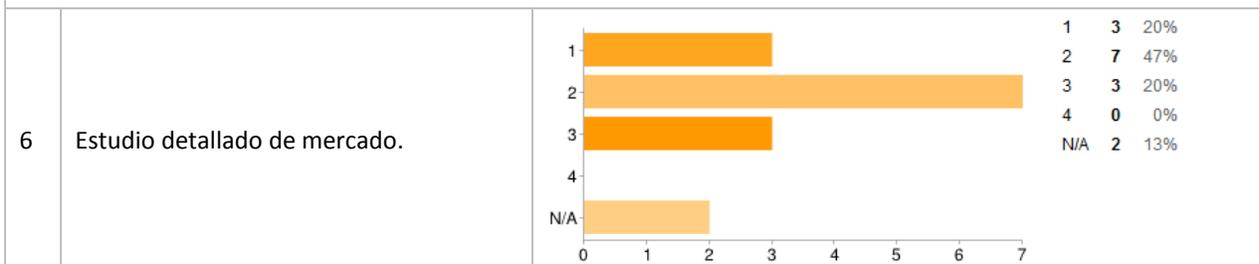


Análisis: Esta pregunta evidencia una disepersión de opinión y criterio, aunque se observa una tendencia hacia la apreciación de que se realiza en algunos casos (40% del grupo asigna un valor de 3, y 33% asigna 2). Como se mencionó en la pregunta 1 de esta sección, la labor de mercadeo que realiza el ICIPC resulta de alta importancia para el éxito del servicio de acompañamiento en un desarrollo, así como en el abordaje de un desarrollo propio. Así mismo, contar con herramientas metodológicas como las que ofrece el PDP para ofrecer valor agregado al cliente en un acompañamiento de desarrollo, es tan importante como poder reconocer las necesidades de mercado que justifican desarrollar un producto o servicio que sale enteramente de un proyecto interno.

Como se explica en la Guía, el PDP no solo se propone como una filosofía de trabajo, sino también como una herramienta para la negociación del servicio de ingeniería, con elementos claros para indicarle al cliente las actividades y pasos necesarios para hallar la mejor manera de llevar su idea de producto a un caso de éxito, en caso de ser posible.

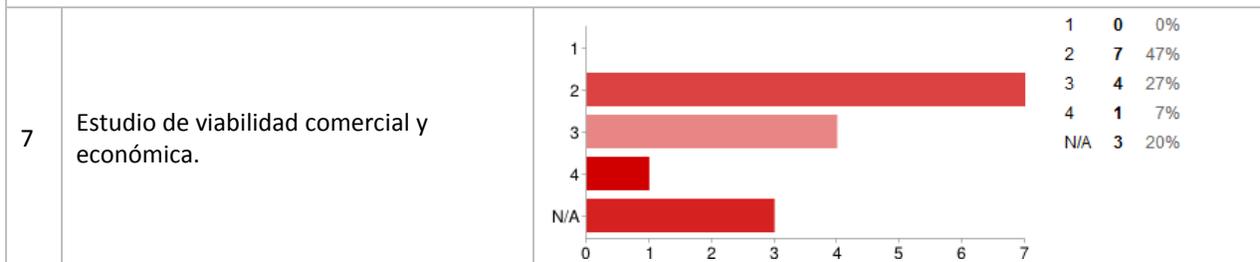


Análisis: El desarrollo conceptual es útil para estructurar el caso de negocio, para encontrar las oportunidades económicas, consolidar la viabilidad financiera y la factibilidad técnica de la solución. Es importante que el ICIPC consolide los criterios alrededor de esta actividad, y para esto, el PDP sugiere una serie de lianamientos en la etapa de definición del caso de negocio, con actividades enfocadas a la conceptualización eficaz del producto o servicio.

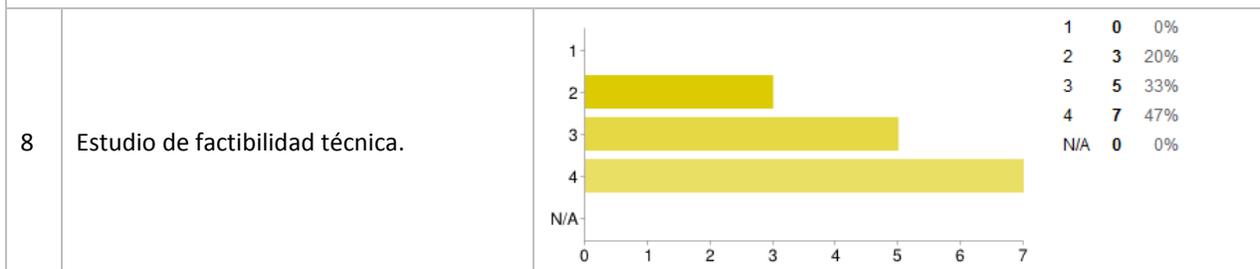


Análisis: Tal como en la pregunta 1, en proyectos de desarrollo acompañado, el ICIPC espera que esta actividad la realice juiciosamente el cliente. En estos casos , las necesidades que el cliente que contrata el servicio de acompañamiento, le transmite al ICIPC para ser traducidas en especificaciones técnicas de la solución, se supone que cubren a su vez las necesidades del usuario final. Pero esto parece ser casi siempre una suposición basada en la aseveración del cliente, y aunque el ICIPC no abordaría esta actividad en este tipo de proyecto, no está de más discutir este punto con el cliente para buscar mantener controlado el riesgo asociado con un entendimiento pobre del mercado, de manera que al finalizar el proyecto, tampoco se vea implicado el ICIPC porque el producto no satisfizo las necesidades del cliente final, aún cuando todas las especificaciones fueron cumplidas.

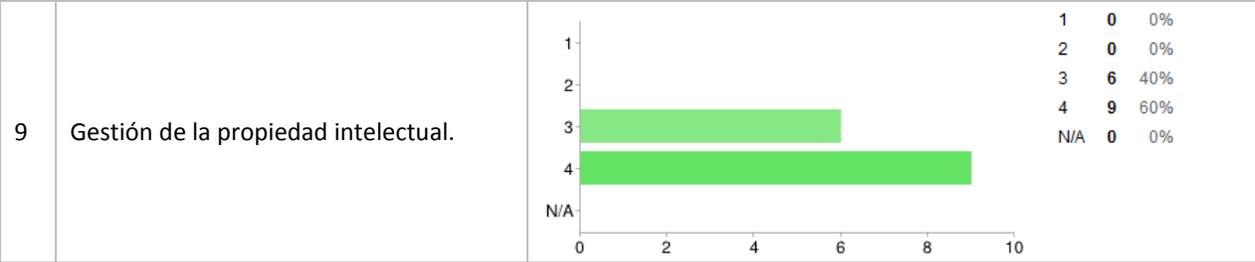
En el caso del proyecto propio, sí se hace indispensable entender detalladamente las necesidades y características del mercado al que se apunta con la solución que se busca desarrollar. Con el PDP, se establecen los lienamientos y criterios para saber identificar la necesidad de esta actividad dentro de un proyecto determinado.



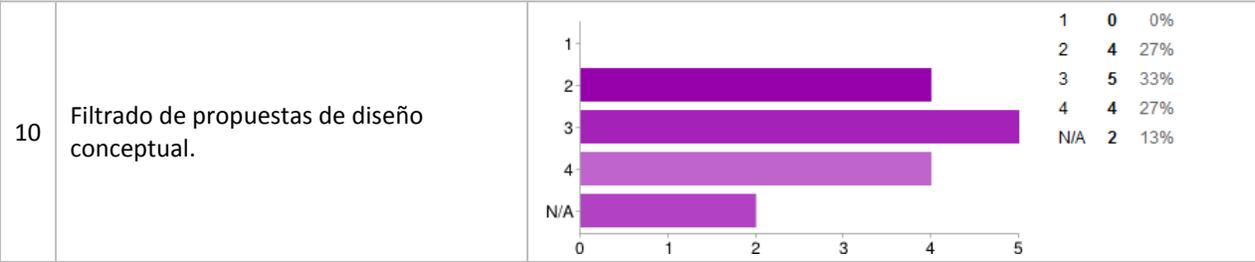
Análisis: Así como el estudio de mercados, el estudio financiero y de viabilidad económica son responsabilidades principales de un cliente que contrata un acompañamiento con el ICIPC para el desarrollo de su producto. En tanto que en proyectos de desarrollo internos o propios, el ICIPC deberá estar en capacidad de evaluar la viabilidad del proyecto desde la óptica financiera. En este aspecto, se reconoce la necesidad de unificar el criterio de cuando realizar esta actividad y la claridad sobre el entregable que se pretende con ella a la hora evaluar y controlar el riesgo financiero del proyecto y de la solución. La etapa para la definición del caso de negocio del PDP, sugiere entonces unas actividades para este punto, que deben ser consideradas según el proyecto.



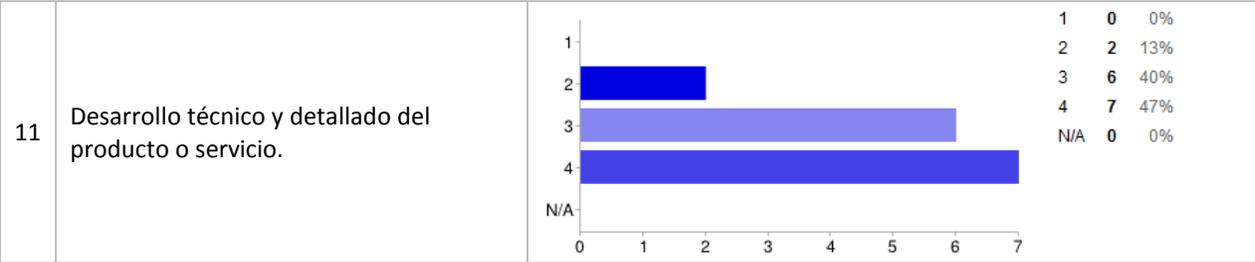
Análisis: Así como con la pregunta 2, las respuestas de esta pregunta evidencian que existe un consenso sobre el hecho de que, en general, el ICIPC posee dentro de sus prácticas de desarrollo de producto, el cumplimiento de actividades que le permiten evaluar apropiadamente la factibilidad técnica de los proyectos. Con el PDP entonces, se pretende consolidar esta práctica, sugiriendo claramente las actividades adecuadas para hacerlo, y ubicarla, dentro de un proceso de refinamiento, en dos etapas: una para llevar a cabo un análisis de pre-factibilidad, y otra para llevar a cabo el análisis detallado de factibilidad.



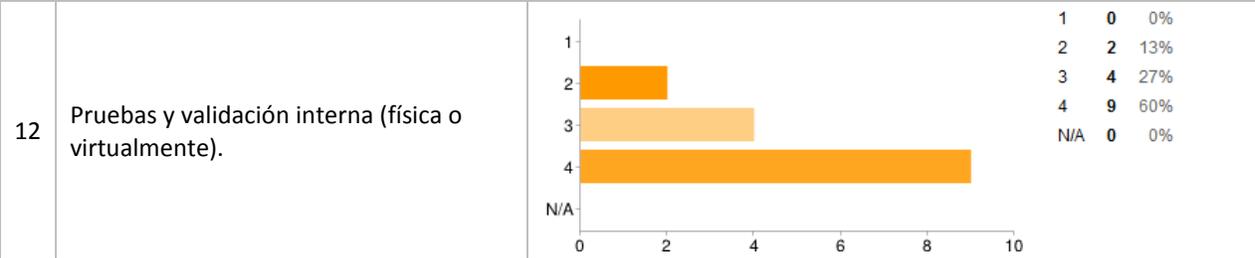
Análisis: Este es claramente otro aspecto fuerte en el ICIPC actualmente. La gestión de PI es vital en los procesos de innovación, como se explica en la Guía PDP del ICIPC. Esta actividad se toma entonces, de las buenas prácticas actuales del ICIPC y se asigna a las etapas pertinentes, considerando temas como los acuerdos, la negociación y la confidencialidad y los tramites oportunos , entre otros, de la propiedad intelectual asociada con el proyecto de desarrollo.



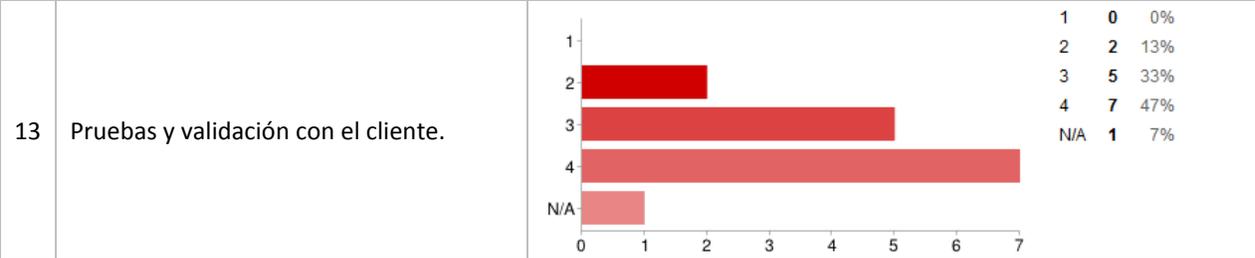
Análisis: Actualmente, esta es una actividad que no cuenta con uniformidad de criterio en los proyectos de desarrollo en el ICIPC. En muchos casos, ésta no la realiza el ICIPC debido a que el concepto a desarrollar lo suministra el cliente que contrata el acompañamiento. Sin embargo, en muchos otros proyectos, la idea que tiene el cliente cuando, se la presenta al ICIPC, carece de detalles que requieren de refinamiento y especificación. Muchas veces entonces, se hace necesario realizar una tarea de diseño conceptual, sea para diseño completo o para ciertos aspectos puntuales y detallados del diseño. Para esto, la práctica industrial de organizaciones con trayectoria, han demostrado la importancia de emplear herramientas y metodologías estructuradas para articular al equipo de trabajo entorno a esta actividad colaborativa y seleccionar la mejor opción que satisfaga las necesidades identificadas del cliente.



Análisis: Se observa que el desarrollo técnico de la solución juega un papel importante dentro del acompañamiento realizado por el ICIPC para los clientes que contratan su servicio. Sin embargo, es importante determinar para cada proyecto, el alcance del desarrollo detallado, a fin dejar claro desde el comienzo, los compromisos que se deben cumplir entre las partes. El PDP para el ICIPC sugiere dos etapas dedicadas completamente al desarrollo técnico y en detalle de la solución, donde se organizan y justifican una serie de actividades recomendadas, muchas de las cuales actualmente realiza el ICIPC dentro de sus proyectos de desarrollo.

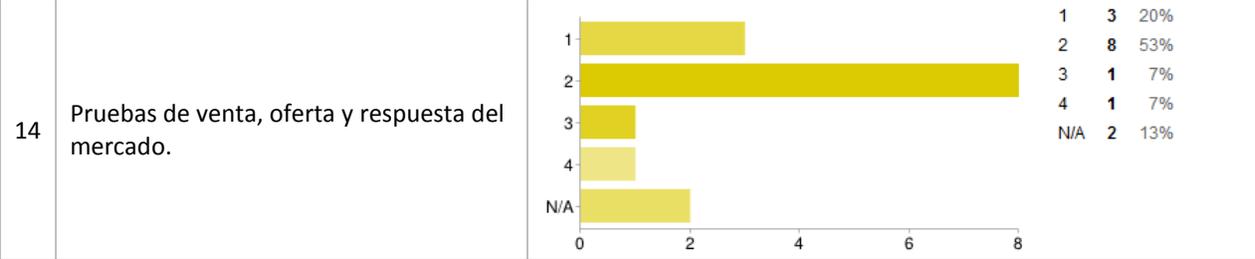


Análisis: Se observa consenso en que esta importante actividad en general se realiza acualmente dentro de los proyectos de desarrollo del ICIPC, y el la mayoría del grupo entiende entiende su importancia en el proceso iterativo de desarrollo. Dentro de las ventajas que posee el ICIPC en este ámbito, está el laboratorio acreditado donde se pueden realizar numerosas pruebas de verificación y validación. Así mismo, el ICIPC cuenta con competencias humanas en el área de simulación de productos y procesos, que le permiten realizar pruebas a prototipos analíticos con base en información de entrada juiciosamente seleccionada. La Guía del PDP consolida estas prácticas dentro de las etapas de la fase de desarrollo y refinamiento.

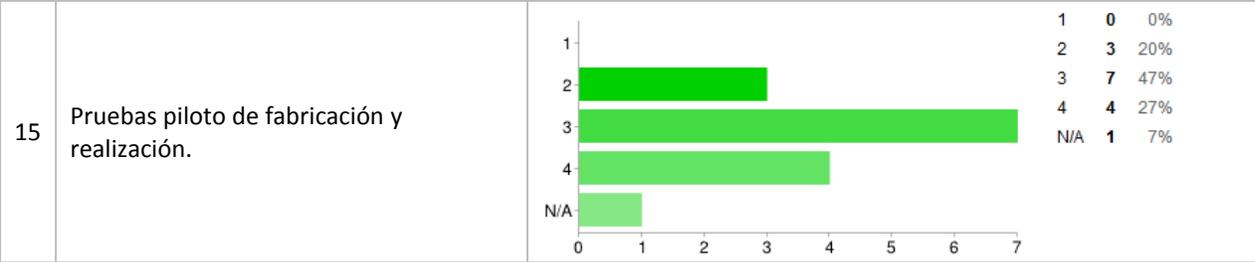


Análisis: En general el ICIPC no realiza este tipo de pruebas en proyectos de desarrollo de producto contratados por el cliente, sino que este último es quien se encarga de realizar estas validaciones. En el caso de proyectos internos, sí es necesario que el producto o servicio desarrollado por el ICIPC si satisfaga las necesidades, y por tanto se deberán realizar las validaciones respectivas como se indica en la Guía PDP. Actualmente, el ICIPC realiza pruebas de validación de satisfacción de servicios nuevos y existentes que presta a su público, acorde con el sistema de calidad.

Con el PDP para el ICIPC se busca entonces dar los criterios para identificar los casos en que sea necesario incluir las validaciones dentro del plan de trabajo de las etapas y saber quiénes son los responsables de realizarlas. En ocasiones para desarrollo de productos tangibles, el ICIPC simplemente podrá incluir esta actividad dentro del plan de trabajo, donde el cliente que contrata el servicio se responsabiliza de validar prototipos o el producto con el cliente, y una vez se aprueban dentro de la compuerta, se continua el desarrollo.

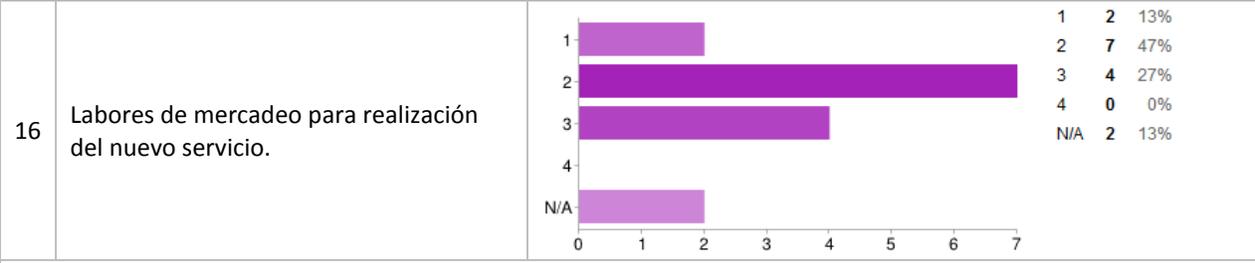


Análisis: Similar a la pregunta anterior, el ICIPC solo se ocupa directamente de esta actividad cuando se trata de soluciones que surgen de proyectos internos y propios. Para nuevos servicios, por ejemplo de laboratorio, es importante realizar pruebas de venta y de respuesta del mercado, a fin de entender si existen oportunidades de mejora en este aspecto. Sin embargo, claramente se observa un consenso en que esta actividad es responsabilidad del cliente que contrata el acompañamiento del ICIPC para el desarrollo del producto. El PDP solo sugiere esta actividad simplemente para ser tenida en cuenta en caso de ser necesaria, por ejemplo, para el lanzamiento de productos de software especializados creados en el ICIPC, nuevos programas de capacitación, nuevos servicios de laboratorio, etc.



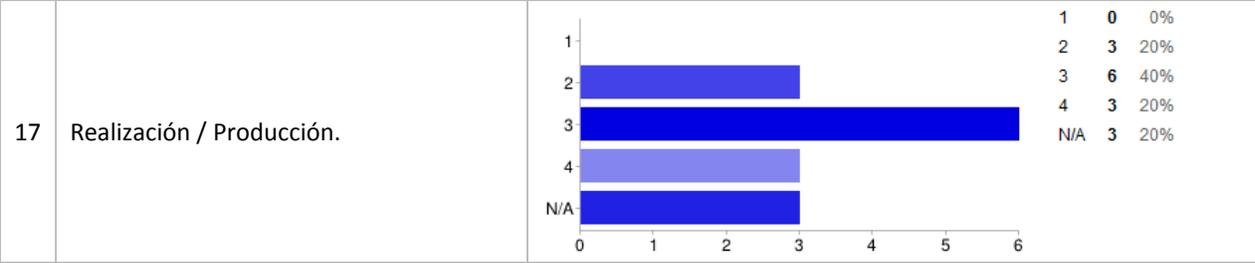
Análisis: En el desarrollo de productos tangibles dentro de proyectos contratados por el cliente, en general, éste se ha ocupado de realizar pruebas de fabricación y puesta a punto del proceso en su planta, y cuando es requerido y considerado dentro del alcance del proyecto, se realiza esto con acompañamiento del ICIPC. Si bien el ICIPC no produce productos tangibles desde su interior, sí puede acompañar la puesta en marcha del proceso productivo en el espacio del cliente. Por esto, se hace importante sugerir la consideración de esta actividad dentro de la etapa de implementación del PDP, para incluirse dentro del plan en caso de ser necesario.

Adicionalmente, cuando se trata de productos o servicios desarrollados en proyectos internos del ICIPC, se deben llevar a cabo las pruebas correspondientes de realización, para validar y verificar las características de operación del servicio, o simulaciones de capacitación, o pruebas a productos de software.



Análisis: Actualmente en el ICIPC existen algunas prácticas de comunicación, promoción, difusión y mercadeo, que se llevan a cabo para promocionar servicios nuevos, como por ejemplo, nuevas pruebas de laboratorio, nuevos seminarios y capacitaciones, y nuevas herramientas de software especializado, entre otros, al igual que para la promoción del portafolio existente. Sin embargo, se observa que la apreciación del grupo acerca de esta actividad no es uniforme, y parece que en algunas ocasiones, se puede pensar que no se hace debidamente o que no aplica.

Es claro que cuando se trata de nuevos productos dentro de proyectos de desarrollo contratados por el cliente, el ICIPC no se ocupa de promocionar ni mercadear éstos. Sin embargo, la Guía PDP sugiere la consideración de esta actividad y su inclusión dentro del plan de desarrollo solo en caso de ser aplicable. Lo cual se sugiere por el líder del proyecto y su equipo, se aprueba en reunión de compuerta, y se aplica según el tipo de proyecto.

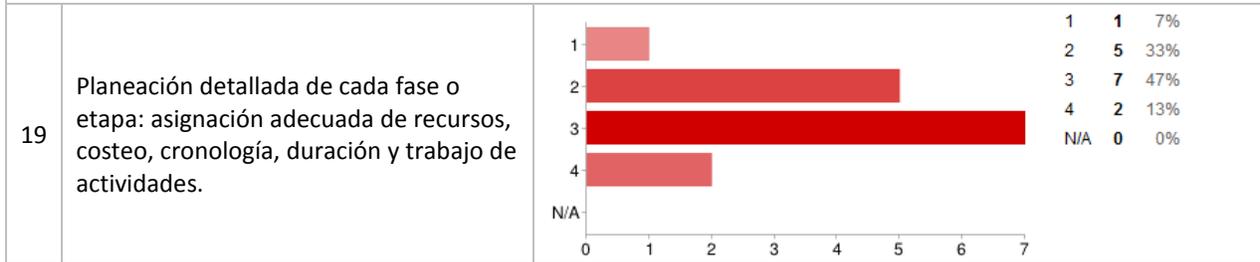


Análisis: Un nuevo producto o servicio solo se implementa si se produce o realiza, y se le entrega a su cliente a satisfacción. Esta pregunta presenta dispersión de opinión y el PDP busca aclararla y unificar sus criterios, señalando que cuando una nueva solución, siendo producto o servicio, interno o contratado por el cliente, se lleva a la implementación y el lanzamiento, se deben seguir unos lineamientos para la planificación y la gestión de riesgos, propios de cada tipo de proyecto en particular, y se definen quiénes son responsables de las actividades específicas. Por ejemplo, como se mencionó arriba, la producción del producto tangible de un proyecto contratado, claramente lo realiza el cliente, no obstante, con la asesoría y el acompañamiento del ICIPC en caso

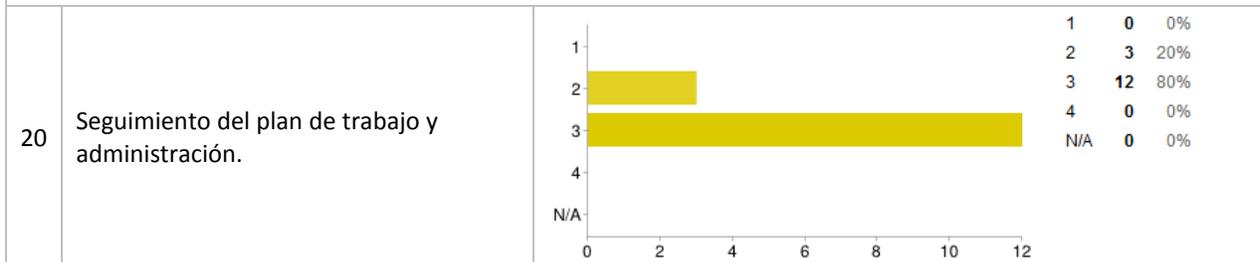
de haberse pactado. Para la implementación de un nuevo servicio del ICIPC, éste se logra cuando se establece y se pone en marcha el plan de operaciones que soportan la realización de dicho servicio de manera consistente.



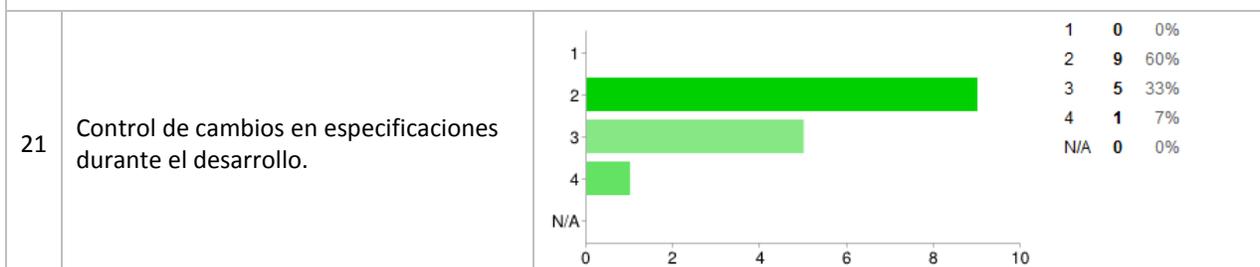
Análisis: Se nota en esta pregunta la apreciación del grupo de una oportunidad de mejora en el proceso existente, en cuanto a la necesidad de implementar revisiones críticas para la evaluación oportuna del progreso, la gestión del riesgo y la toma de decisiones durante el proceso de desarrollo, las cuales deben ser sujetas a las condiciones del tipo de proyecto y al alcance establecido. Como lo explica la Guía PDP, una de las ventajas de incorporar este tipo de revisiones es para asegurar que el alcance y los objetivos siempre estén en la mira del grupo de desarrollo y no se extienda descontroladamente el trabajo pactado (*scope creep*)



Análisis: En esta pregunta se puede evidenciar que, si bien existen algunos miembros que realizan adecuadamente una planeación y seguimiento juicioso de proyecto, y consideran que esta práctica es de alta importancia para el éxito de la gestión, todavía algunos miembros consideran que esta práctica debe fortalecerse. Precisamente, este es uno de los puntos en los que más se enfoca la Guía del PDP, sugiriendo una estructura cronológica de trabajo y de lineamientos para la gestión que incorpora las buenas prácticas actuales y las refuerza junto con otras recomendadas en la industria, y las adapta a proyectos de desarrollo de productos y servicios del ICIPC.

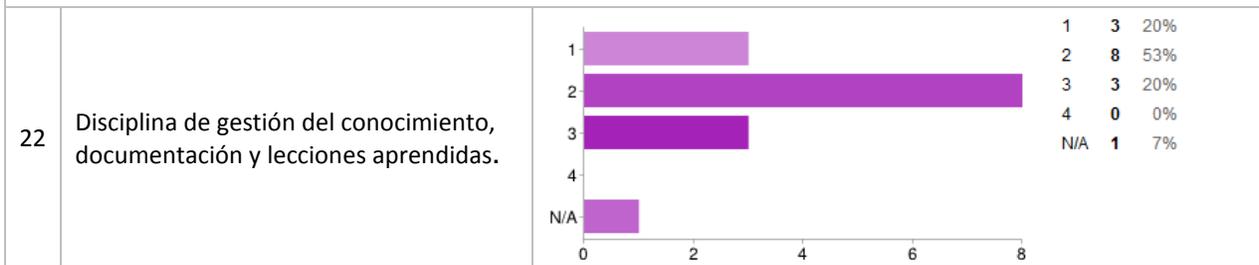


Análisis: Se observa consenso en esta buena práctica aplicada a proyectos de desarrollo en el ICIPC. Como tal, se incorpora en el PDP y se aplica en varios puntos de revisión previstos para ello, como las compuertas.



Análisis: Con frecuencia, en los proyectos de desarrollo se pueden presentar cambios en el alcance, en las necesidades y/o en las especificaciones de la solución. En algunos casos, estos cambios son necesarios y acordados entre las partes durante reuniones de compuerta, aprobando los respectivos cambios en recursos. En otros casos, estos cambios se presentan debido a una pobre gestión de riesgo oportuna.

Se ha observado que en el ICIPC existe una oportunidad de mejora en relación con al gestión de riesgo en proyectos, con la cual se ayuda a reducir los casos donde se presentan estos tipos de cambios de alcance (*scope creep*). Por esto, el la Guía PDP sugiere la aplicación de lineamientos basados en buenas prácticas y experiencias de otras empresas y autores expertos, para mejorar la gestión de riesgo, y la planificación de actividades de manera proactiva.



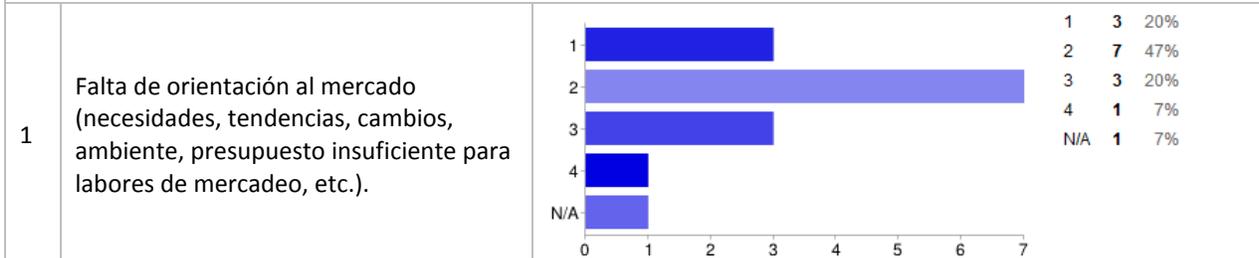
Análisis: Actualmente en el ICIPC, existe conciencia por la importancia de la gestión del conocimiento. De hecho se han implementado sistemas informáticos para asistir al grupo en esta labor. El Instituto cuenta con una nueva versión de la plataforma SIGEC (Sistema de Gestión de Conocimiento), implementada en *Microsoft SharePoint* a partir de mejoras que se identificaron de la primera versión del sistema que existía previamente. La nueva plataforma permite gestionar y encontrar fácilmente diferentes formas de conocimiento y registros documentales asociados con los proyectos de desarrollo internos y contratados por clientes, al tiempo que se articula con la plataforma técnico administrativa PLATEA, existente en el ICIPC, para planificar y realizar seguimiento de la ejecución de proyectos, entre otros.

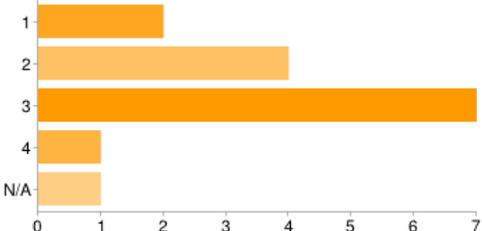
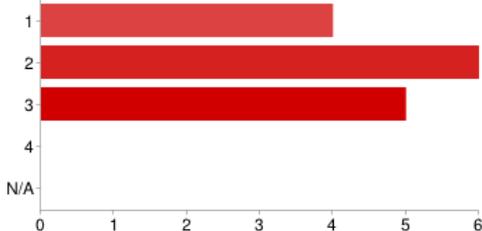
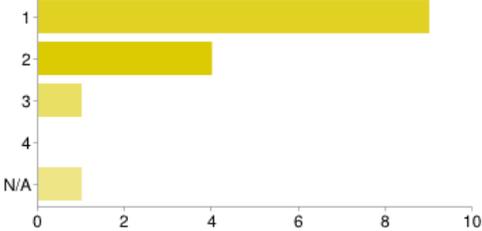
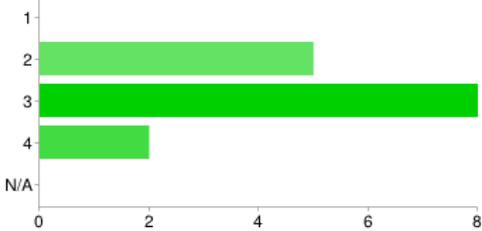
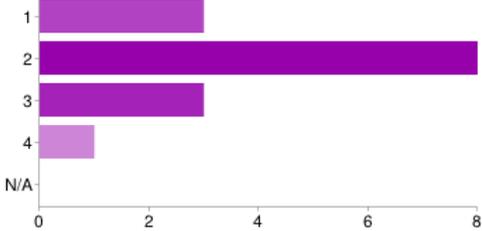
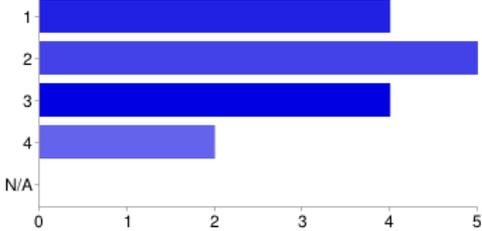
Como se explica en la Guía PDP, los proyectos de desarrollo son una de las mejores oportunidades para generar conocimiento aplicado y competencias de gran valor para la organización. Por esto, y como se observa en esta pregunta, se requiere fortalecer y consolidar las prácticas y metodologías actuales de captación de lecciones aprendidas y de análisis retrospectivo de proyectos en el ICIPC, de manera que los miembros del equipo que trabajen en proyectos futuros se beneficien de las experiencias y aprendizajes obtenidos por ellos mismos u otros en el pasado, y poder así realizar el nuevo proyecto de una manera más eficiente. Para esto, la metodología del PDP sugiere la exigencia de registros específicos de actividades de cada etapa para ser presentados en las compuertas, lo cuales, por consiguiente, son almacenados en las herramientas informáticas a disposición.

9.6.4. Problemas típicos de proyectos de desarrollo

Desde una óptica diferente, se buscó en este punto determinar otras fuentes de riesgo en la gestión de PD, en el ICIPC antes de implementarse el PDP. Principalmente, los hallazgos permitieron delinear el alcance de cada etapa del PDP y establecer las actividades recomendadas en cada una.

Califique la frecuencia de los siguientes problemas típicos en Proyectos de Desarrollo, en los proyectos del ICIPC en general. Califique 4 para máxima frecuencia, o N/A cuando no aplica.



2	Dificultad de negociación del trabajo de acompañamiento requerido para el proyecto.	 <table border="1" data-bbox="1242 201 1365 338"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>47%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>1</td><td>7%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	4	27%	3	7	47%	4	1	7%	N/A	1	7%
1	2	13%															
2	4	27%															
3	7	47%															
4	1	7%															
N/A	1	7%															
3	Insuficiente trabajo preliminar (Ej. estudio de estado del arte, vigilancia tecnológica, definición de especificaciones, etc.).	 <table border="1" data-bbox="1242 464 1365 600"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>40%</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	4	27%	2	6	40%	3	5	33%	4	0	0%	N/A	0	0%
1	4	27%															
2	6	40%															
3	5	33%															
4	0	0%															
N/A	0	0%															
4	Pobre calidad de ejecución.	 <table border="1" data-bbox="1242 726 1365 863"> <tr><td>1</td><td>9</td><td>60%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>1</td><td>7%</td></tr> </table>	1	9	60%	2	4	27%	3	1	7%	4	0	0%	N/A	1	7%
1	9	60%															
2	4	27%															
3	1	7%															
4	0	0%															
N/A	1	7%															
5	Retrasos e incumplimiento de cronograma.	 <table border="1" data-bbox="1242 989 1365 1125"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0	0%	2	5	33%	3	8	53%	4	2	13%	N/A	0	0%
1	0	0%															
2	5	33%															
3	8	53%															
4	2	13%															
N/A	0	0%															
6	Dificultad de acceso a la tecnología requerida (costo, acceso, complejidad).	 <table border="1" data-bbox="1242 1251 1365 1388"> <tr><td>1</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	3	20%	2	8	53%	3	3	20%	4	1	7%	N/A	0	0%
1	3	20%															
2	8	53%															
3	3	20%															
4	1	7%															
N/A	0	0%															
7	Avance demasiado acelerado y desatención a riesgos.	 <table border="1" data-bbox="1242 1514 1365 1650"> <tr><td>1</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	4	27%	2	5	33%	3	4	27%	4	2	13%	N/A	0	0%
1	4	27%															
2	5	33%															
3	4	27%															
4	2	13%															
N/A	0	0%															

8	Carencia de valor para el cliente (o mala comprensión de las necesidades del cliente).	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	8	53%	2	4	27%	3	3	20%	4	0	0%	N/A	0	0%
1	8	53%															
2	4	27%															
3	3	20%															
4	0	0%															
N/A	0	0%															
9	Pobre enfoque y carencia de recursos (humano o de competencias, tiempo o dinero).	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>9</td><td>60%</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	9	60%	2	5	33%	3	1	7%	4	0	0%	N/A	0	0%
1	9	60%															
2	5	33%															
3	1	7%															
4	0	0%															
N/A	0	0%															
10	Problemas de comunicación interna.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	1	7%	2	8	53%	3	4	27%	4	2	13%	N/A	0	0%
1	1	7%															
2	8	53%															
3	4	27%															
4	2	13%															
N/A	0	0%															
11	Problemas de comunicación externa.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>27%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	4	27%	3	8	53%	4	1	7%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	4	27%															
3	8	53%															
4	1	7%															
N/A	0	0%															
12	Especificaciones inestables de producto y cambios de alcance.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>40%</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	6	40%	3	5	33%	4	2	13%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	6	40%															
3	5	33%															
4	2	13%															
N/A	0	0%															
13	Pobre planeación y seguimiento del cronograma.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>13%</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>33%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>	1	2	13%	2	5	33%	3	8	53%	4	0	0%	N/A	0	0%
1	2	13%															
2	5	33%															
3	8	53%															
4	0	0%															
N/A	0	0%															

14	Falta de un procedimiento sistémico y disciplinado para desarrollar nuevos productos.	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>7%</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>3</td><td>8</td><td>53%</td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>20%</td></tr> <tr><td>N/A</td><td>0</td><td>0%</td></tr> </table>			1	1	7%	2	3	20%	3	8	53%	4	3	20%	N/A	0	0%
		1	1	7%															
2	3	20%																	
3	8	53%																	
4	3	20%																	
N/A	0	0%																	
15	Otros Problemas Típicos.	Factor	Calificación	Número de respuestas															
		Retrasos e incumplimiento de cronograma por parte del Cliente (Por cuestiones de producción, personal líder responsable en la empresa muy ocupado)	3	1															
		Es posible tener en cuenta la falta de un proceso de <i>Coaching</i> que no siempre se realiza y puede afectar el desarrollo de ciertos proyectos	3	1															

9.6.4.1. Comentarios y Conclusiones

Cada proyecto para el desarrollo de productos y servicios, es en general único acorde con el nivel de innovación asociado, el tipo de producto tangible o intangible a desarrollar y los miembros implicadas, entre otros factores. También son diferentes según aspectos como la fuente y condiciones de los fondos de financiación, los beneficiarios, o la pertenencia del proyecto, es decir, propio, cofinanciado, o contratado directamente por un cliente. Se observa entonces que en realidad, el abanico de tipos de proyectos que aborda el ICIPC puede ser variado, al igual que los posibles riesgos asociados.

Con esta sección, se buscó apreciar la frecuencia de algunos problemas típicos que pueden presentarse, bien sea por que falta unificar conceptos y criterios, o porque falta fortalecer algunas prácticas para mitigarlos. El PDP que se sugiere en la Guía, se propone con el fin de guiar el trabajo y establecer tipologías de actividades en un orden cronológico, con el propósito de ayudar a controlar y reducir el riesgo en la gestión y en el producto, mediante las cuales, no solo se puede ayudar a reducir los problemas mencionados en esta sección, sino también, otros problemas y riesgos que el grupo considere relevantes según el proyecto.

Así mismo, al igual que con las preguntas de la sección de actividades típicas, con esta sección se buscó identificar tanto problemas que por la calidad de las prácticas actuales en el ICIPC, son poco probables según las respuestas obtenidas de la encuesta, al igual que los problemas típicos con mayor probabilidad de ocurrencia debido a que existen oportunidades de mejora. Con esto, el PDP busca unificar lo bueno que se practica hoy en día para transmitirlo a nuevos colegas en el grupo, como también, sugerir prácticas que buscan resolver aspectos de mejora, algunos de los cuales se observaron en las preguntas, y otros los determina el grupo de desarrollo según el proyecto con la ayuda de los lineamientos y criterios de gestión de riesgo propuestos en el PDP, al inicio del proyecto con los posibles riesgos aprendidos, o al final del proyecto en el análisis retrospectivo como aspectos de mejora y lecciones aprendidas para el futuro.

9.6.5. Madurez de la organización en Gestión del Riesgo en proyectos de desarrollo

En esta sección se busca identificar, desde varias perspectivas y criterios, el nivel de madurez de la organización, en relación con competencias para la Gestión del Riesgo en Proyectos de Desarrollo (PD).

Las preguntas se formulan con base en lineamientos de: la norma ISO31000:2009 para la Gestión de Riesgo [54], los cinco criterios de para la evaluación del proceso de gestión de riesgo de la EFQM (*European Foundation of Quality Management*) [47], y recomendaciones del *Project Risk Management Handbook* (Bart Jutte, 2009) [46].

Los resultados por criterio se analizan con base en el patrón de la Tabla 11, sumando el número de respuestas con mayoría de opiniones afirmativas (respuestas –S–). Las respuestas a estas preguntas permitirán apreciar oportunidades de mejora y de identificar objetivos realistas para mejorar la competitividad con el PDP.

9.6.5.1. Resultados y Conclusiones

El resultado obtenido de todos los criterios en la Tabla 10, presenta un diagnóstico de la organización puntual para cada criterio de evaluación, obtenido con base en los lineamientos del *Project Risk Management Handbook* [46]. De acuerdo con esto, y según los criterios de la Tabla 12, establecida por el EFQM [47], se observa que el nivel actual de madurez del ICIPC en competencias de gestión de riesgo en proyectos de desarrollo, es aún de *PRINCIPIANTE*. Lo cual indica que, aunque actualmente se practican algunas actividades importantes, con frecuencia no son consistentes en todos los proyectos y no se practican o se conocen por todos los miembros encargados. Por esta razón, se establece que el ICIPC, antes de la implementación del PDP, posee una clara oportunidad de mejora con respecto a Gestión de Riesgo, especialmente en proyectos de desarrollo.

Con el PDP, se busca ayudar a potencializar y fortalecer este aspecto importante de la gestión organizacional acorde con los cinco criterios evaluados.

Criterio de Evaluación		Número de preguntas con mayoría de opiniones: SI	Diagnóstico
I	DIRECCION Y LIDERAZGO	4	Algunos miembros de la dirección son optimistas. Su compromiso se verá claro en momentos de dificultad.
II	ESTRATEGIA Y POLÍTICA	1	No hay una estrategia de riesgo presente. El tratamiento de gestión de riesgo es según el caso (ad hoc).
III	EMPLEADOS Y MIEMBROS DEL EQUIPO	0	Los líderes de proyectos conocen poco o nada de gestión de riesgo.
IV	RECURSOS	3	Existen los recursos mínimos para la gestión de riesgo en PD.
V	PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGO	0	No se emplea un procedimiento para la gestión de riesgo. La gestión de riesgo depende de las personas que están involucradas.

Tabla 10. Tabla de diagnóstico de madurez de la organización en competencias de Gestión de Riesgo en Proyectos de Desarrollo [46].

Aunque se observan varios aspectos en la evaluación donde existe alta polaridad de opinión, esto no evita establecer un diagnóstico según las características de puntuación de la prueba seleccionada para esto, la cual, mediante el conteo exclusivo de respuestas mayoritariamente positivas, busca identificar oportunidades de mejora tanto en el aspecto evaluado como en la comunicación y difusión del mismo. Por esto, una ventaja de emplear una evaluación estandarizada de la gestión de riesgo para esta sección, es que permite establecer un punto de referencia y de comparación en el mejoramiento a futuro para la organización frente a sí misma y frente a otras. Por otro lado, la alta polaridad de opinión en algunas respuestas, se debe principalmente a que la práctica del aspecto evaluado puede estar aplicándose pero requiere mejor difusión dentro de la organización, y por consiguiente, no todos lo practican. Cuando menos, respuestas de este tipo, han ayudado a reconocer que, aunque

el grupo de trabajo es relativamente pequeño, existen oportunidades para mejorar aspectos de comunicación al interior.

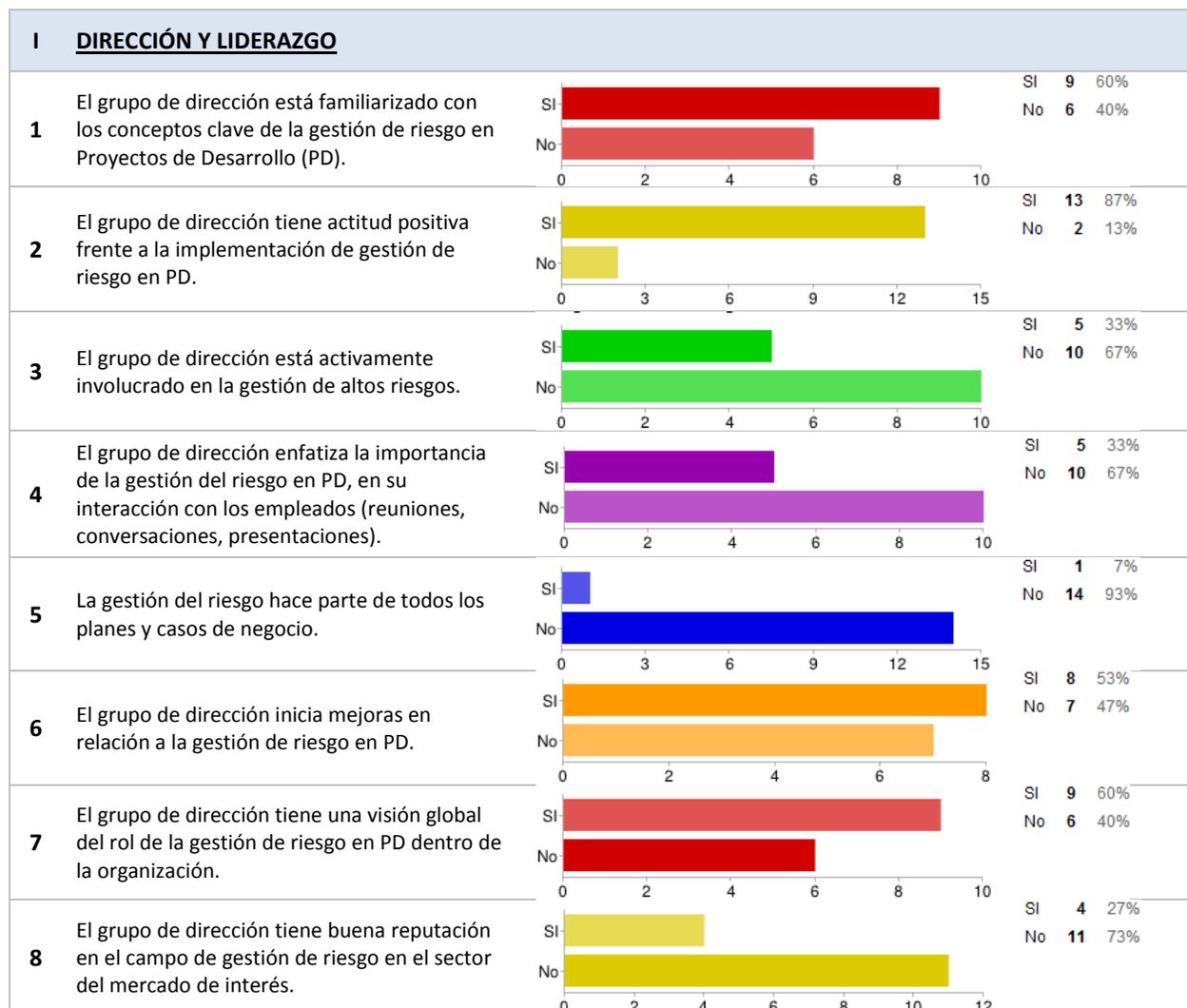
Respecto a lo anterior, vale aclarar, que las opciones de respuesta para las preguntas de esta sección buscan, de manera rígida, determinar si la práctica particular se aplica y es conocida uniformemente. En los casos donde la persona responde con –NO–, indica que la persona no la aplica, no la conoce o no existe, y por tanto, se necesita que la organización la adopte mejor y la difunda adecuadamente.

En general, se observa que el ICIPC es una organización cuyo trabajo en proyectos de desarrollo no es ajeno a la gestión de riesgo, debido a que las opiniones de algunos miembros indican la presencia o importancia de las prácticas. Sin embargo, se observa entre las opiniones mayoritarias que, si bien existe el interés y la preocupación por adoptar prácticas estandarizadas y adecuadas para gestionar el riesgo, aún no se ha resuelto esta necesidad latente interna, y por tanto no se ha formalizado su uso dentro del trabajo cotidiano.

Con el PDP para el ICIPC, se busca entonces fortalecer progresivamente estas competencias en proyectos de desarrollo en la organización, incorporando nuevas prácticas y actividades de trabajo, y fortaleciendo otras existentes que han sido reconocidas en los cinco criterios de la gestión de riesgo considerados.

9.6.5.2. Preguntas de la encuesta

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las opiniones para las preguntas de cada criterio.



II ESTRATEGIA Y POLÍTICA				
1	El grupo de dirección solicita al grupo de trabajo, información sobre la aplicación de gestión de riesgo en PD.	SI	5	33%
		No	10	67%
2	El empleado es responsable de iniciativas relacionadas con gestión de riesgo en PD.	SI	11	73%
		No	4	27%
3	Existen metas organizacionales para la gestión de riesgo en PD.	SI	1	7%
		No	14	93%
4	El grupo de dirección evalúa si se alcanzan las metas organizacionales para la gestión de riesgo en PD.	SI	2	13%
		No	13	87%
5	Existen prácticas establecidas en la organización para la gestión de riesgo en PD.	SI	7	47%
		No	8	53%
6	La organización compara su desempeño en la gestión de riesgo, con otras organizaciones.	SI	3	20%
		No	12	80%
7	La organización apoya y promueve la gestión de riesgo en proveedores, clientes y aliados.	SI	3	20%
		No	12	80%
8	Existe una estrategia organizacional de gestión de riesgo con prioridades claramente establecidas.	SI	2	13%
		No	13	87%
III EMPLEADOS Y MIEMBROS DEL EQUIPO				
1	Los líderes de proyectos (Project Managers) están familiarizados con los conceptos básicos de gestión de riesgo en PD.	SI	5	33%
		NO	10	67%
2	La gestión de riesgo hace parte del plan de formación y capacitación de líderes de proyectos.	SI	2	13%
		NO	13	87%
3	Los líderes de proyectos motivan a los empleados a participar en la gestión de riesgos en PD.	SI	5	33%
		NO	10	67%
4	La experiencia con gestión de riesgo influye en la selección de empleados para nuevos proyectos de desarrollo.	SI	2	13%
		NO	13	87%
5	La gestión de riesgo hace parte de los factores que se evalúan en el desempeño de empleados.	SI	1	7%
		NO	14	93%

6	Los planes de formación y capacitación de los empleados se basan en el rol que cumplen dentro de la gestión de riesgo en el desarrollo de los proyectos.	SI NO	 0 3 6 9 12 15	SI 0 0% NO 15 100%
7	La organización reconoce logros especiales en el campo de gestión de riesgo.	SI NO	 0 3 6 9 12 15	SI 2 13% NO 13 87%
8	Otras organizaciones con las que interactúa la nuestra, exigen a sus empleados aplicar sus competencias y conocimiento en gestión de riesgo de PD.	SI NO	 0 2 4 6 8 10	SI 6 40% NO 9 60%
IV RECURSOS				
1	Durante la planeación de PD se asigna tiempo a actividades de gestión de riesgo.	SI No	 0 2 4 6 8 10	SI 6 40% No 9 60%
2	Durante la planeación de PD se reserva presupuesto para actividades de gestión de riesgo.	SI No	 0 2 4 6 8	SI 7 47% No 8 53%
3	Los miembros del equipo reciben instrucciones de trabajo para ejecutar actividades que mitigan el riesgo.	SI No	 0 2 4 6 8	SI 8 53% No 7 47%
4	Los líderes de proyectos realizan evaluación de costo-beneficio, para la inclusión de actividades de mitigación de riesgo en PD.	SI No	 0 2 4 6 8 10	SI 5 33% No 10 67%
5	Los líderes de proyectos planean los recursos para la gestión del riesgo, los monitorean y emprenden acciones correctivas cuando es necesario.	SI No	 0 2 4 6 8	SI 8 53% No 7 47%
6	Se contratan expertos en gestión de riesgo de PD si es necesario.	SI No	 0 3 6 9 12 15	SI 1 7% No 14 93%
7	La forma como se establecen relaciones con clientes y proveedores es influenciada por consideraciones de riesgo.	SI No	 0 2 4 6 8 10	SI 9 60% No 6 40%
8	En la optimización de la asignación de recursos para gestión de riesgo se emplean datos históricos y reglas del negocio.	SI No	 0 2 4 6 8 10	SI 6 40% No 9 60%
V PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGO				
1	El equipo del proyecto realiza un seguimiento de los riesgos con listas.	SI No	 0 3 6 9 12 15	SI 1 7% No 14 93%

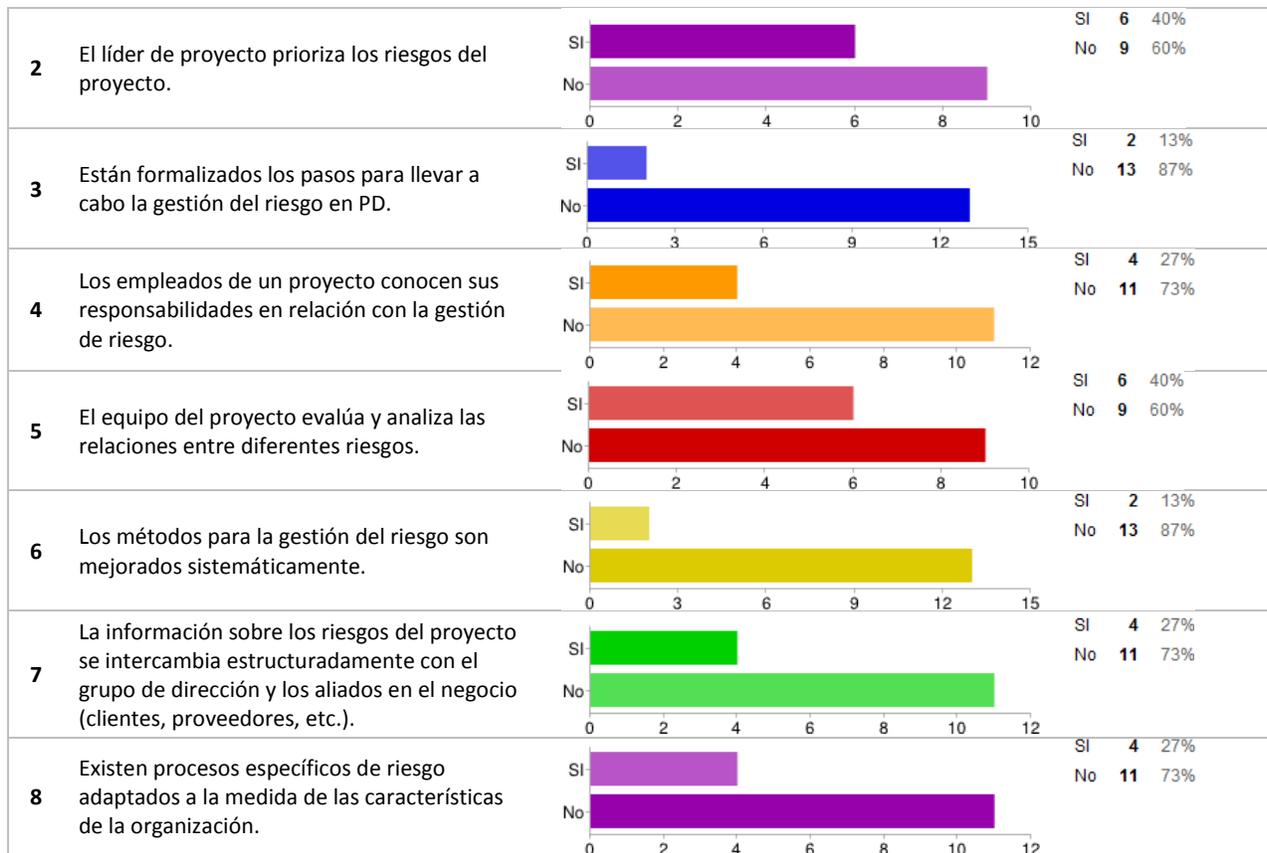


Tabla 11. Patrón de calificación para el Punto 5 de la encuesta según el total de respuestas afirmativas. Tomado del *Project Risk Management Handbook* (Bart Jutte, 2009) [46].

DIRECCION Y LIDERAZGO			
NIVEL DE CALIDAD 1	NIVEL DE CALIDAD 2	NIVEL DE CALIDAD 3	NIVEL DE CALIDAD 4
0 ó 1 (<i>respuestas afirmativas</i>)	2, 3 ó 4	5 ó 6	7 ó 8
El grupo de dirección no domina la gestión de riesgo en Proyectos de Desarrollo –PD.	Algunos miembros de la dirección son optimistas. Su compromiso se verá claro en momentos de dificultad.	La gestión de riesgo en PD es parte del trabajo diario de los miembros de la dirección.	El grupo de dirección es altamente competente, se involucra, y es visionario en el campo de la gestión del riesgo en PD.
ESTRATEGIA Y POLÍTICA			
NIVEL DE CALIDAD 1	NIVEL DE CALIDAD 2	NIVEL DE CALIDAD 3	NIVEL DE CALIDAD 4
0, 1 ó 2	3 ó 4	5 ó 6	7 ó 8
No hay una estrategia de riesgo presente. El tratamiento de gestión de riesgo es según el caso (ad hoc).	El grupo de dirección trabaja a conciencia para aplicar la gestión de riesgo.	Se realiza una evaluación comparativa (<i>benchmarking</i>) de los resultados y la estrategia de la gestión de riesgo con otras organizaciones similares.	La política de riesgo en proyectos se caracteriza por tener un tratamiento holístico.
EMPLEADOS Y MIEMBROS DEL EQUIPO			
NIVEL DE CALIDAD 1	NIVEL DE CALIDAD 2	NIVEL DE CALIDAD 3	NIVEL DE CALIDAD 4
0 ó 1	2, 3 ó 4	5 ó 6	7 ó 8
Los líderes de proyectos conocen poco o nada de gestión de riesgo.	Los líderes de proyectos están familiarizados con la gestión de riesgo y buscan aplicarla.	Los empleados se capacitan rutinariamente en gestión de riesgos en PD.	La gestión de recurso humano incorpora la gestión de riesgo en PD en todas sus tareas relevantes. Los empleados se entrenan adecuadamente para la gestión de riesgo.
RECURSOS			
NIVEL DE CALIDAD 1	NIVEL DE CALIDAD 2	NIVEL DE CALIDAD 3	NIVEL DE CALIDAD 4
0 ó 1	2, 3 ó 4	5 ó 6	7 ó 8
Hay carencia de los recursos básicos para la gestión de riesgo en PD, por lo que la probabilidad de fracaso es alta.	Existen los recursos mínimos para la gestión de riesgo en PD.	El presupuesto y la asignación de recursos para la gestión de riesgo en PD hacen parte del procedimiento común para la gestión de proyectos.	Se toman decisiones a conciencia para determinar cuáles recursos se asignan para la gestión de riesgo en PD, y existe información y conocimiento histórico para apoyar dicha asignación.
PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGO			
NIVEL DE CALIDAD 1	NIVEL DE CALIDAD 2	NIVEL DE CALIDAD 3	NIVEL DE CALIDAD 4
0, 1 ó 2	3 ó 4	5 ó 6	7 ó 8
No se emplea un procedimiento para la gestión de riesgo. La gestión de riesgo depende de las personas que están involucradas.	El equipo del proyecto emplea un método relativamente estructurado para atender los riesgos del proyecto.	Existen instrucciones o procedimientos de trabajo que documentan cómo atender riesgos. Se mejora continuamente el detalle del acercamiento.	La gestión de riesgo en PD está definida como un procedimiento/proceso para el negocio y es mejorado sistemáticamente.

Tabla 12. Nivel de madurez de la organización en competencias de Gestión de Riesgo en Proyectos de Desarrollo, según el nivel de calidad obtenido. Tomado del *Project Risk Management Handbook* (Bart Jutte, 2009) [45].

NIVEL	NOMBRE	PUNTAJE
IV	LÍDER	La organización tiene nivel de calidad 4 en todos los criterios.
III	PROFESIONAL	La organización tiene nivel de calidad 3 en todos los criterios.
II	AFICIONADO	La organización tiene nivel de calidad 2 en todos los criterios.
I	PRINCIPIANTE	La organización tiene nivel de calidad 1 en al menos un criterio.