

01-028

COMPLEXITY ON THE PLANNING PHASE OF PROJECTS BASED ON THE METHODOLOGY OF COMPLEXITY IDENTIFICATION

Bareño, Miguel Eduardo ⁽¹⁾; Botero, Eduardo ⁽¹⁾; Cifuentes, Camila ⁽¹⁾; Rincón-González, César ⁽²⁾

⁽¹⁾ EAN, ⁽²⁾ Universidad EAN

This research presents a methodology to determinate the complexity on projects from industries related to the equipment supply for the food sector. The application of this methodology had been revised on different phases of projects. The literature review and the application of this methodology show that complex projects had elements that must be managed from the planning phase, nor waiting till the implementation. It has been identified that the decisions taken on forthcoming phases, and in some cases, without a complete analysis of its influence on different variables of the projects. This work aims to identify the complexity variables associated to the planning phase of the projects within an organization that provides equipment for the food industry and to make a proposal about the needed processes, according to the complexity of the identified variables in an early matter.

Keywords: complex project; complexity variable; uncertainty; planning; methodology; processes

GESTIÓN DE LA COMPLEJIDAD EN PROYECTOS EN LA FASE DE PLANIFICACIÓN CON BASE EN LA METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE COMPLEJIDAD

Este estudio presenta una metodología para determinar la complejidad de los proyectos en industrias afines al suministro de equipos en el sector de alimentos. Se ha venido revisando la aplicación de esta metodología en diferentes fases de proyectos. La revisión de literatura y la aplicación de la metodología demuestran que los proyectos complejos tienen elementos que se deben gestionar desde la fase de planeación, sin esperar hasta el momento de la implementación. Hoy en día se ha detectado que las decisiones se están tomando en las fases posteriores y, en ocasiones, sin el análisis completo de su influencia en las diferentes variables de los proyectos. Este trabajo busca identificar las variables complejas asociadas a las fases de planificación de los proyectos en una empresa proveedora de equipos del sector de alimentos y hacer una propuesta sobre los procesos por seguir, según la complejidad de las variables identificadas de manera temprana.

Palabras clave: proyectos complejos; variables complejas; incertidumbre; planeación; metodología; procesos



1. Introducción

El dinamismo del mercado obliga a buscar nuevas maneras de gestionar los proyectos. Así, el Project Management Institute (PMI) (Project Management Institute, 2021), propone nuevos modelos orientados a la adaptabilidad, resiliencia, metodologías a la medida, gestión de interesados, complejidad y liderazgo, entre otras ventajas. El reto de las organizaciones es maximizar resultados, obtener beneficios y agregar valor a los resultados del proyecto, mediante el flujo de información y retroalimentación constante, consciente y cada vez más alineada con los objetivos comerciales. Por ello, la presente investigación se enfoca en identificar, desde la fase de planificación (factibilidad y diseño), las variables complejas con futuras interrelaciones y los procesos clave que se deben gestionar según la necesidad del proyecto. La planificación es fundamental, ya que es en esta fase en la que se evalúa la posibilidad de agregar valor a la organización, la capacidad para entregar el resultado esperado, la planificación de los entregables que se desarrollan y el cumplimiento de las expectativas de los stakeholder.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Identificar las variables complejas asociadas a la fase de planificación en industrias afines al suministro de equipos al sector de alimentos.

2.2. Objetivos Específicos

- Definir las variables de la complejidad en la fase de planificación de proyectos desarrollados en industrias afines al suministro de equipos en el sector de alimentos.
- Establecer la escala de incertidumbre que tienen las variables de la complejidad en la planificación de los proyectos en industrias afines al suministro de equipos en el sector de alimentos.
- Construir una guía de los procesos por seguir para la gestión de los proyectos, acorde con el nivel de incertidumbre de las variables identificadas en la fase de planificación.

3. Contexto de la complejidad.

Los proyectos complejos en las organizaciones son aquellos que, por su naturaleza, tamaño, alcance y costo, entre otras variables, requieren un esfuerzo adicional. La ejecución de estos proyectos se encamina hacia la integración, y la organización toma un valor más importante e influyente, además de una gestión más profunda del proyecto mismo. Si bien estos

proyectos también pueden denominarse “sistemas complejos”, ello depende del observador (Baccarini, 1996).

De acuerdo con el PMI (Project Management Institute, 2014), los proyectos complejos deben tener en cuenta las variables relacionadas con el comportamiento humano, el comportamiento del sistema y la ambigüedad; por lo tanto, la incertidumbre, la volatilidad, el costo, el alcance y el tiempo, entre otras variables, son directamente influenciadas en los proyectos complejos. Estos proyectos son sistemas abiertos, cuya principal característica es su linealidad y susceptibilidad, en alto grado, a las variables no determinadas desde el inicio (International Centre for Complex Project Management, 2012).

También se ha definido un proyecto complejo como un sistema dinámico que genera interrelacionamiento de sus variables; desde la fase de planificación, y a lo largo de su ciclo de vida, presenta cambios y, por consiguiente, cambia sus resultados (Association for Project Management, 2019). Dombkins (Dombkins, 2007) ha indicado la importancia de documentar e iniciar la identificación de aquellas variables que impacten el proyecto desde su planificación. Esto será útil para que en fases posteriores se puedan revisar las decisiones tomadas y agregar los cambios que sean necesarios sobre aquellas. A esto Dombkins lo llamó “planeación por olas”. Tomando en cuenta la definición de contexto dada por (Martinsuo & Geraldi, 2020) donde se tienen condiciones únicas en las que los proyectos son manejados, y por tanto estas condiciones son inherentes a la organización, y tomando los conceptos de PMI (Project Management Institute, 2014), Baccarini (Baccarini, 1996) y Dombkins (Dombkins, 2007), se han determinado como variables fundamentales por ser manejadas en la etapa de planificación indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables de estudio

Variable	Aspectos de la gestión de proyectos	Fuente
Comportamiento humano	Interacción de personas con conductas particulares que afectan la comunicación y las relaciones de poder; cultura organizacional; reglas no escritas que, bajo la gestión de interesados, generan sinergia y confianza. Bajo el contexto de estudio, esta variable se construyó teniendo en cuenta tres elementos que influyen en el resultado de la planificación de los proyectos: 1) el seniority del equipo, para enfrentar elementos novedosos e inesperados; 2) alta aversión al riesgo, lo que permite proponer soluciones novedosas; 3) alto desarrollo de <i>soft skills</i> que permitan direccionar las decisiones teniendo en cuenta los <i>stakeholders</i> .	PMI (Project Management Institute, 2014), APM (Association for Project Management, 2019), Dombkins (Dombkins, 2007).
Comportamiento del sistema	Sistemas existentes dentro de otros sistemas interdependientes, con conexiones o desconexiones; alto grado de dependencia y dinamismo. Para el caso de estudio, se analiza el comportamiento del sistema como el comportamiento organizacional, teniendo en cuenta elementos como la relación interna entre las áreas, el tipo de estructura de la organización y la orientación hacia su resultado económico.	PMI (Project Management Institute, 2014), Cañas (Cañas, 2015).
Influencias externas	Alta presión para generar eficiencias en el proyecto, por lo que se hace necesario adaptarse a los cambios externos y enfocarse en estrategias de mejora orientadas a la globalización. En el estudio, se evaluaron tres elementos como influencias externas significativas: 1) crisis logística mundial para el suministro de materias primas, 2) cambios en la velocidad de respuesta	Dombkins (Dombkins, 2007), Hass (Hass, 2009).

	solicitada por los diferentes usuarios finales a la hora de implementar una solución en el periodo de pandemia, 3) escasez mundial de materias primas.	
Técnica	En términos de proyectos durante la planificación, en una metodología tradicional es importante definir los requerimientos técnicos del producto o servicio entregable del proyecto. Sin embargo, desde una perspectiva de complejidad, estas variables, en muchos casos, no están completamente definidas en la fase inicial y entran a ser un elemento importante para la aplicación de nuevas metodologías o metodologías ágiles. Durante esta fase, la planificación por olas es una herramienta fundamental porque permite, en ciclos establecidos, ir definiendo los requerimientos técnicos. Para el caso analizado, estos requerimientos están influenciados por la manera en la que los clientes exigen equipos hechos a la medida. Ejemplo de ello es el alto nivel de desarrollo de nuevos productos orientados a suplir clientes que demandan alimentos cada vez más saludables.	Bernardo, (Bernardo, 2014), APM (Association for Project Management, 2019) y Dombkins (Dombkins, 2007)

Dado que la etapa de planificación es una de las fases primordiales para la concepción del proyecto, se toma como base la definición de complejidad de Chapman (Chapman, 2016), quien indica que está determinada por la incertidumbre de las variables del proyecto. Esta incertidumbre corresponde a la ambigüedad que define como la falta de información respecto a los parámetros del proyecto. En una fase de preproyecto cuyo entregable para el caso de estudio corresponde a un plan de ejecución resulta interesante analizar cada variable en términos de su incertidumbre y así aplicar el modelo de Bareño, Botero y Cifuentes (Bareno, Botero, & Cifuentes, 2021) para establecer aquellas variables de mayor complejidad durante esta fase de comprensión del proyecto.

4. Tipo de Investigación

La investigación busca identificar variables complejas en proyectos de una organización afín al suministro de equipos en el sector de alimentos en la fase de preproyecto, en donde se identifican las necesidades y se hace una planificación inicial para la ejecución del proyecto. A su vez busca identificar la relación que estas variables tienen. Por esto la investigación es de tipo mixto.

Usando metodología de manejo de la información basada en la manera que fue utilizada por los autores Miguel Bareño, Eduardo Botero y Camila Cifuentes (Bareno, Botero, & Cifuentes, 2021), se tiene:

- a. Medición de tipo cuantitativo. Se aplicó a las variables que fueron determinadas por el impacto que tienen en el proyecto y fue determinado previamente en el trabajo de Miguel Bareño, Eduardo Botero y Camila Cifuentes (Bareno, Botero, & Cifuentes, 2021).
- b. Medición cualitativa. Determinada por el nivel de relacionamiento entre las variables.

4.1. Población, muestra e instrumentos de medición

Para la obtención de la información, se tomaron como referencia proyectos en fase de planeación, desde 2019 hasta 2021. Luego, se utilizó el método aleatorio simple para poblaciones finitas o por clústeres, mediante la fórmula (Murray R. & Larry J., 2009)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}, \quad (1)$$

donde:

n = número de proyectos por evaluar en la organización.

N = universo total de proyectos.

Z = parámetro estadístico que depende del nivel de confianza. El nivel de confianza seleccionado para este estudio es del 95 %, equivalente a 1,96.

p = probabilidad de que el evento ocurra.

q = probabilidad de que el evento no ocurra.

e = error aceptable.

Posteriormente, se utilizó la metodología de muestra por conveniencia, para determinar los proyectos que serían sometidos a la medición cualitativa. Para este caso, el instrumento fue una entrevista semiestructurada, dirigida a los ingenieros de proyectos que participaron de la fase de planeación, siguiendo los pasos de captura de información y configuración de una solución al problema propuesto por los clientes, con una serie de preguntas agrupadas según las variables complejas presentadas en la Tabla 1. Con esta información, se obtuvo el nivel de complejidad, medida por la incertidumbre de cada una de las variables analizadas. Esto permitió posteriormente proponer los procesos del PMI (Project Management Institute, 2021) por seguir para gestionar las variables de mayor incertidumbre.

4.2. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en una organización con presencia global. Para este artículo y conservando la privacidad de la empresa seleccionada, el análisis se enfocó en proyectos realizados en Latinoamérica, y se seleccionaron aquellos que se encuentran en la fase de entendimiento de requerimientos del proyecto (preproyecto). Estos preproyectos fueron ejecutados en los últimos tres años. Se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Ubicación geográfica. Lugar donde fue desarrollado el preproyecto.
- Tamaño. Cantidad de recursos asociados a la realización del preproyecto.
- Cobertura del cliente. Tipo de cliente definido por la organización.
- Tipo de negocio. Dado que la organización tiene diferentes portafolios de producto y dada la influencia en los resultados, manejo y planeación; fue necesario contemplar esta variable para la caracterización de los preproyectos.

Los proyectos fueron codificados para ser presentados teniendo en cuenta la siguiente nomenclatura:

P: Ubicación geográfica

N: Tamaño

C: Cobertura del cliente

Px: Tipo de negocio

Últimos dígitos: códigos de los investigadores

La selección de los proyectos se basó en la aplicación del método aleatorio simple, para poblaciones finitas, o por clústeres. El resultado fue una muestra de 167 proyectos para ser evaluados mediante un análisis cuantitativo. Posteriormente, se utilizó el método de selección por conveniencia: a través de un panel de expertos, se seleccionaron siete proyectos para la aplicación de entrevistas semiestructuradas, dirigidas a ingenieros. Estas midieron el grado de incertidumbre con relación a las cuatro variables definidas. El grado fue medido en una escala Likert de 1 a 5, donde 1 es el nivel más bajo y 5 es el nivel más alto de incertidumbre.

Aplicando la metodología propuesta por Bareno, Botero y Cifuentes (Bareno, Botero, & Cifuentes, 2021), descrita de manera gráfica en la

Figura 1, y la teoría de Whitaker (Whitaker, 2014), descrita en la Tabla 2, se puede aplicar el siguiente proceso:

- a) Determinación de variables cualitativas y cuantitativas. Identificada por los miembros de la organización responsables de la captura de información y subsecuente creación y planificación del proyecto.
- b) Identificación del nivel de incertidumbre y planificación de su gestión. En este paso, a través de las herramientas usadas comúnmente por la gerencia de proyectos (panel de expertos, método Delphi, revisión de lecciones aprendidas, entre otros), los involucrados en los proyectos pueden determinar la incertidumbre de las variables previamente identificadas. En este punto se pueden establecer aquellas herramientas dentro de la organización que ayuden a reducir la incertidumbre, así como aquellas variables que no. Posteriormente, se procede a planificar la gestión de las variables complejas y a diseñar las herramientas necesarias para reducir su incertidumbre (gestión avanzada de cronogramas, creación de equipos de trabajo, design thinking, gestión temprana para la identificación de inconvenientes, entre otras que pueden ser aplicadas).
- c) Mejoramiento continuo. Al identificar las variables y gestionarlas, el proceso de gerencia de proyectos a través de las lecciones aprendidas permite un aprendizaje continuo sobre la gestión de las variables complejas y la manera en la que se reduce la incertidumbre desde el momento de la planificación. Esto faculta a la organización para estandarizar o enriquecer aquellos procesos existentes para la gestión de los proyectos e identificar nuevas variables inciertas para iniciar de nuevo con el ciclo propuesto.

Figura 1: Metodología para la determinación de la complejidad de los proyectos con base en la teoría de Whitaker y Dombkins

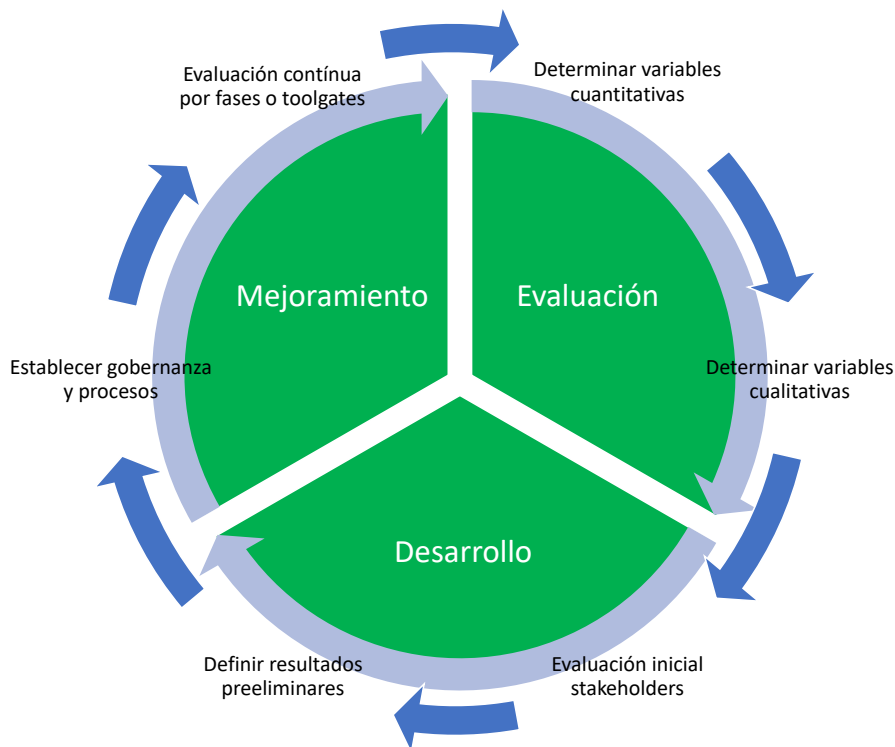


Tabla 2: Propuesta e implementación de la metodología para la determinación de la complejidad de los proyectos con base en la teoría de *Whitaker y Dombkins*

		FASES			
		Piloto	Extensión	Implementación organizacional	
PASOS	Evaluación	Determinar variables cuantitativas	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1
		Determinar variables cualitativas	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1
	Desarrollo	Plan de gestión variables de baja incertidumbre	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1
		Plan de gestión variables de alta incertidumbre	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1
	Mejoramiento	Estandarizar el plan de gestión variables identificadas	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1
		Identificar nuevas variables inciertas	Proyectos N3 o N2	Proyectos N2	Proyectos N2 y N1

4.3. Análisis de datos

Con base en estudios que reconocen las variables complejas y su interrelación (Hagan, Bower, & Smith, 2014), se aplicaron los instrumentos sobre la muestra de investigación y se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos que permitieron identificar aquellas variables complejas que producen mayor incertidumbre.

En el análisis cuantitativo se tomó como referencia el indicador de uso de ingeniería de planeación. Este indicador toma como referencia el porcentaje de horas invertidas en la fase de planeación de un proyecto sobre el total de horas programadas en todas las fases del proyecto (desde la planeación hasta la entrega final).

$$\text{Uso de ingeniera} = \frac{\text{horas invertidas en la fase de planeación}}{\text{horas totales en todas la fases de proyecto}} \quad (1)$$

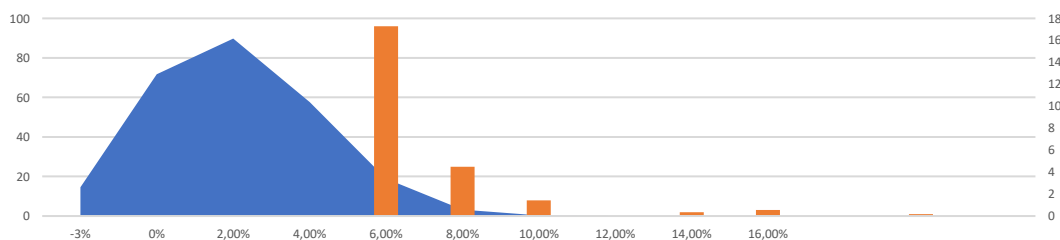
Para el análisis cualitativo, la información se obtuvo con las entrevistas descritas en la sección “Trabajo de campo”.

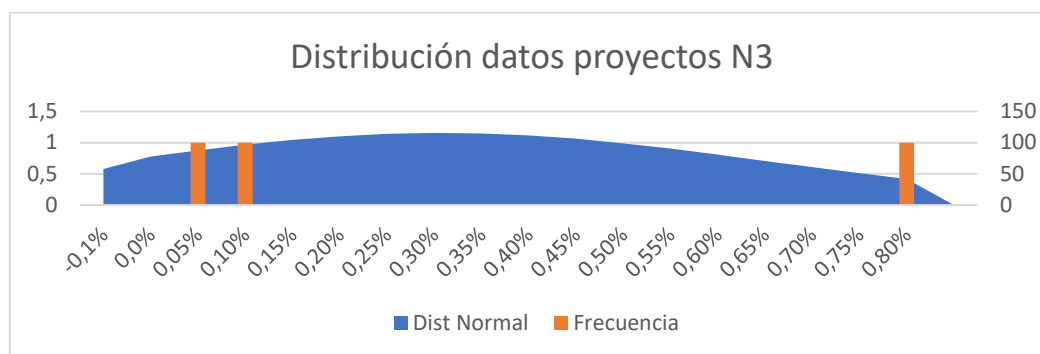
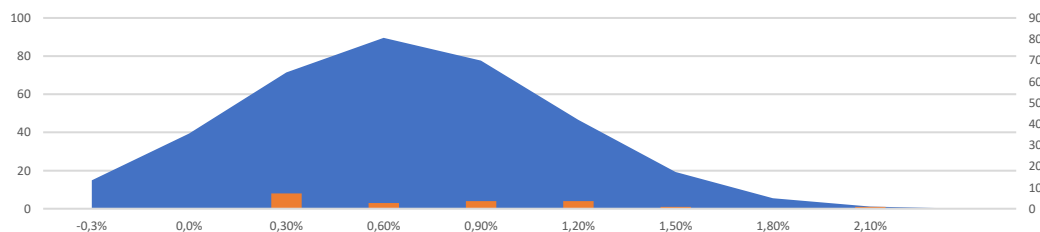
5. Resultados

De acuerdo con la Figura 2, en una distribución normal se pudo observar que la tendencia en términos de las horas de ingeniería vs las horas totales del proyecto corresponde a una distribución normal asimétrica positiva. Esto indica que el valor promedio de toda la muestra no es el valor que más probabilidad tendría. Lo que observamos es que podríamos determinar que entre el 0,3 y el 2 % de las horas totales del proyecto tiene una mayor probabilidad de ser dedicado a la planeación de este.

Al observar la Figura 2, también se evidencia que entre mayor es el nivel del proyecto, menor porcentaje de horas es usado. Esto está directamente relacionado con la cantidad de horas ejecutadas en la fase de planeación, dado que los proyectos de mayor nivel implican una alta cantidad de horas de ejecución. Por su parte, los proyectos de menor nivel, al tener menor cantidad de horas de ejecución, tienen más horas de planeación.

Figura 2. Distribución normal asimétrica positiva del uso de ingeniería por nivel de proyecto N1, N2 Y N3





En la

Tabla 3. se observa el análisis cualitativo realizado y se evidencia que, para proyectos en ejecución del día a día dentro de la organización, el componente técnico es el que menos incertidumbre implica para los ingenieros de proyectos, mientras que variables como el comportamiento del sistema y el factor humano son las que más incertidumbre suponen. Para proyectos de mayor nivel dentro de la organización (mayor costo), el componente técnico aporta mayoritariamente a la complejidad y es uno de los valores más inciertos indicado por los ingenieros de proyectos. Lo anterior, dado que un proyecto de nivel 2 de tipo de negocio (PK) corresponde a proyectos de mayor desarrollo tecnológico, y en las entrevistas se manifestó que, si bien la organización cuenta en el mundo con la experiencia en las tecnologías que se implementarían, en la región este conocimiento es muy bajo. Por lo tanto, al tener una incertidumbre alta en el componente tecnológico, el desconocimiento del manejo de la información dentro de la organización se vuelve clave, y valores como comportamiento del sistema e influencias externas acompañan a la variable técnica como aquellas que producen mayor incertidumbre.

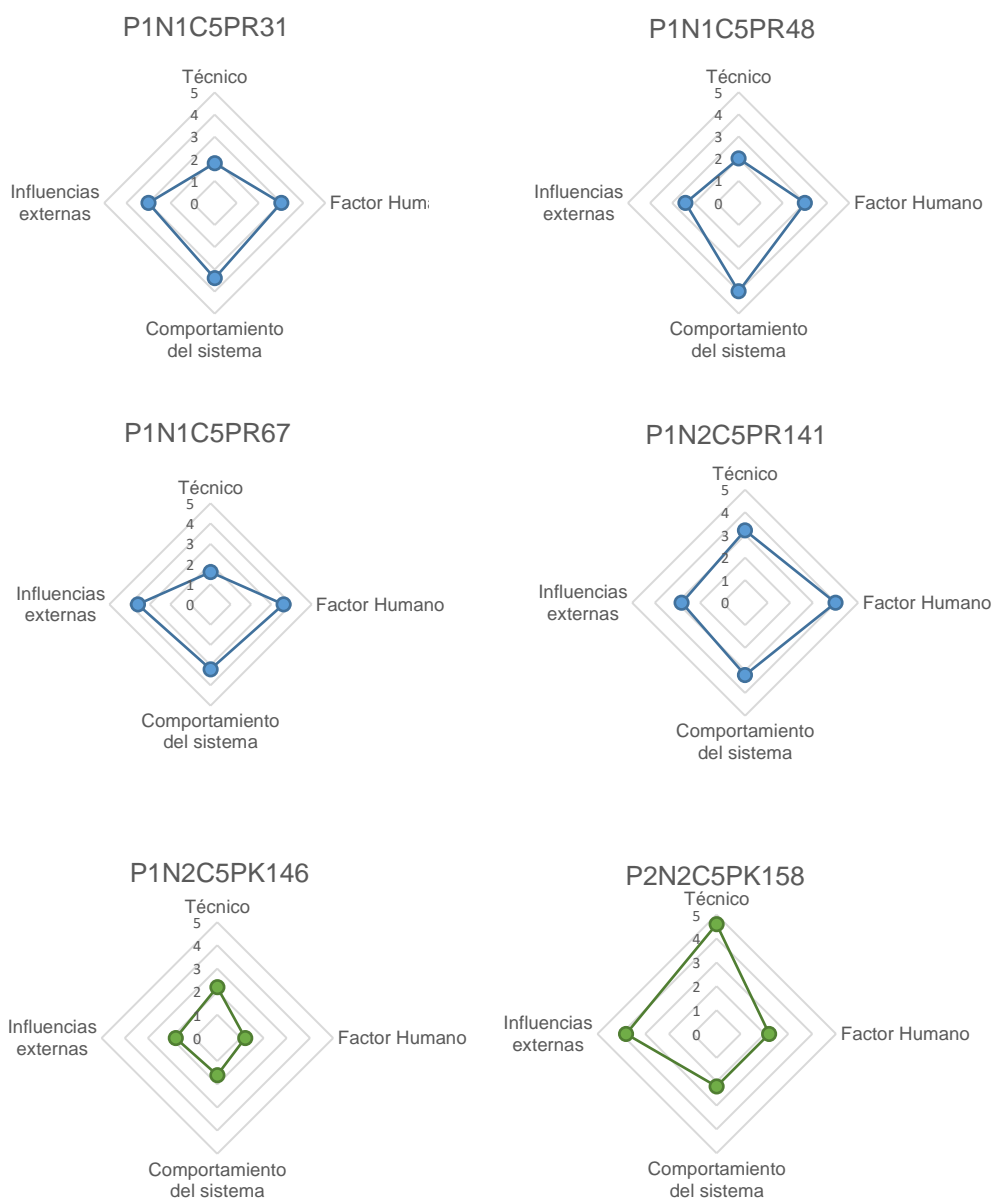
Tabla 3. Resumen de los resultados de las entrevistas

Código del proyecto	Técnico	Factor humano	Comportamiento del sistema	Influencias externas
P1N1C5PR31	1,8	3	3,4	3
P1N1C5PR48	2	3	4	2,4
P1N1C5PR67	1,6	3,6	3,2	3,6
P1N1C5PR141	3,2	4	3,2	2,8
P1N2C5PK146	2,2	1,2	1,6	1,8
P2N2C5PK158	4,6	2,2	2,2	3,8

P3N3C3PR168	3,8	2,6	3,8	1,6
--------------------	-----	-----	-----	-----

Para complementar lo anterior, la Figura 3 muestra los resultados de la entrevista semiestructurada de manera gráfica. Allí se observan las variables que crean mayor grado de incertidumbre.

Figura 3. Incertidumbre de las variables complejas por proyecto seleccionado





6. Conclusiones

En la presente investigación fue necesario identificar la fase en la que se encontraban los proyectos evaluados, en este caso la de definición y planificación del proyecto, que es en la que más incertidumbre se tiene. También fue necesario identificar variables que comúnmente, en el sector industrial de estudio, se presentan como aquellas que son las de mayor incertidumbre: variable técnica, factor humano, comportamiento del sistema e influencias externas.

Se evaluó el nivel de incertidumbre de cada una de las variables definidas, con base en la información de las personas involucradas en el proyecto. Si bien no se determinó un patrón en la identificación de la incertidumbre, sí se pudieron identificar aquellas variables complejas que se resaltan cuando la variable técnica está siendo controlada. Estas variables son factor humano y comportamiento del sistema.

También se identificó que, a pesar de la madurez en términos técnicos y el alto nivel de aprendizaje de las soluciones implementadas por la organización en el mundo, existe un factor de alta incertidumbre relacionado con el conocimiento en el mercado latinoamericano. Para proyectos cuya complejidad técnica es alta, se observó que aquellos procesos de la organización y la gobernanza de proyectos resultan de gran ayuda, ya que son herramientas clave que reducen la incertidumbre.

Se observó que, si bien las herramientas de la organización son muy útiles, no se aplican los mismos procesos cuando la misma variable compleja se encuentra en proyectos diferentes. La gestión de las variables depende del grado de interrelacionamiento con las demás variables identificadas y el manejo con la cultura, la madurez y los procesos de la organización.

Al aplicar la teoría de Whitaker (Whitaker, 2014), se entendió que los procesos de la organización están orientados a funcionar como herramientas que permitan reducir la incertidumbre de las variables complejas más comunes. Al ser usadas de esta manera, la gestión de proyectos complejos se enfoca en aquellas variables cuya incertidumbre no alcanza a reducir los procesos de la organización.

Finalmente, al no tener herramientas estándar dentro de la organización para reducir la incertidumbre de las variables más complejas, los gerentes de proyectos podrían usar la teoría de Whitaker (Whitaker, 2014) como elemento primordial para abordar aquellas variables de mayor complejidad en la gestión de proyectos y crear nuevos procesos y herramientas para gestionar la complejidad de variables similares en futuros proyectos durante la fase de planificación, así como para identificar nuevas variables por gestionar.

7. Bibliografía

- Association for Project Management. (2019). *APM Body of Knowledge*. Buckinghamshire: Association for Project Management.
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity. *International Journal of Project Management*, 14(4), 201-204.
- Bareno, M., Botero, E., & Cifuentes, C. (2021). *Monografía para la elaboración de una metodología para la determinación de la complejidad de los proyectos en industrias afines al suministro de equipo en el sector de alimentos*. Bogotá: sin publicar.
- Bernardo, M. d. (2014). Performance indicators for enhancing goibernance of projects. *Procedia*, 119, 55-64.
- Cañas, G. (2015). From complexity analysis to project risk management. *Revista Ciencias Estratégicas*, 23(34), 249-264.
- Chapman, R. J. (2016). A framework from examining the dimension and characteristics of complexity inherent within rail megaprojects. *International Journal of Project Management*, 34, 937 - 956.
- Dombkins, D. (2007). Wave planning. En *Wave planning* (págs. 9-10).
- Hagan, G., Bower, D., & Smith, N. (2014). Managing complex projects in multiproject environments. *27th Annual ARCOM Conference*, 787-789.
- Hass, K. (2009). *Managing complex projects: A new model*. Management Concepts. Washington, DC.
- International Centre for Complex Project Management. (2012). *Complex Project Manager Competency Standards. Version 4.1: complex project management leadership and excellence*. Deakin West: International Centre for Complex Project Management .
- Martinsuo, M., & Geraldi, J. (2020). Management of project portfolios: Relationships of projects portfolios with their contexts. *International Journal of Project Management*, 441 - 453.
- Murray R., S., & Larry J., S. (2009). *Estadística* (4ta ed.). (Mc Graw Hill, Ed.) México.
- Project Management Institute. (2014). *Navigating complexity*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *The Standard For Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK®- 7th*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Whitaker, S. (2014). *The benefits of tailoring: Making a project management methodology fit*. Pennsylvania: Project Management Institute.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

