



Modelo estadístico para evaluar la resiliencia de la cadena de abastecimiento pública y su influencia en la gestión de proyectos regionales en Perú

Statistical model for assessing the resilience of the public supply chain and its influence on regional project management in Peru

 Raul Walther Talenas Quispe

Universidad Nacional Federico Villareal, Perú

RESUMEN

La ejecución de proyectos de infraestructura pública en el Perú enfrenta limitaciones estructurales en la gestión de la cadena de suministro, que se traducen en retrasos, sobrecostos y deficiencias en la calidad. Esta investigación analizó en qué medida la resiliencia en la cadena de suministro incide en la efectividad de los proyectos gubernamentales, considerando estándares de tiempo, costo y calidad. Se adoptó un enfoque cuantitativo, correlacional–explicativo y de diseño no experimental, aplicando encuestas a profesionales vinculados a la gestión de obras públicas. El análisis estadístico incluyó correlación de Pearson, regresión lineal, Chi-cuadrado, ANOVA y regresión logística. Los resultados evidenciaron una relación fuerte y significativa entre resiliencia y efectividad ($r = 0.782$; $p < 0.05$), explicando el 61.1% de la variabilidad en el desempeño. Se identificaron deficiencias críticas en la coordinación administrativa, la dependencia de proveedores y el control de calidad de materiales. En contraste, la aplicación del ciclo de Deming (PDCA) y prácticas del PMBOK mostró un efecto positivo, explicando el 50.5% de la mejora. Se concluye que la resiliencia constituye un determinante estructural del éxito de los proyectos y que su fortalecimiento mediante diversificación de proveedores, coordinación efectiva y control sistemático de calidad es esencial para garantizar la sostenibilidad de la infraestructura pública.

Palabras clave: Resiliencia en la cadena de suministro; proyectos de infraestructura; ciclo Deming; gestión pública.

ABSTRACT

Public infrastructure projects in Peru face structural challenges in supply chain management, resulting in delays, cost overruns, and quality deficiencies. This study examined the extent to which supply chain resilience influences project effectiveness regarding time, cost, and quality standards. A quantitative, correlational–explanatory, non-experimental design was adopted, using surveys administered to professionals engaged in public works management. Statistical analysis included Pearson correlation, linear regression, Chi-square, ANOVA, and logistic regression. Results showed a strong and significant relationship between resilience and effectiveness ($r = 0.782$; $p < 0.05$), with resilience explaining 61.1% of performance variability. Critical deficiencies were identified in administrative coordination, reliance on external suppliers, and insufficient quality control. Conversely, implementing the Deming Cycle (PDCA) and PMBOK practices had a positive effect, accounting for 50.5% of the improvement in resilience and effectiveness. The findings conclude that resilience is a structural determinant of public project success, and strengthening it through supplier diversification, effective coordination, and systematic quality control is essential to ensure the sustainability of infrastructure investments.

Keywords: Supply chain resilience; infrastructure projects; Deming Cycle; public management.

INTRODUCCIÓN

La ejecución eficiente de proyectos de infraestructura constituye un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de los países (Jacobs & Chase, 2018; Nyambura et al., 2018; Aroquipa, 2014). En el caso del Perú, el sector construcción representa uno de los motores más dinámicos de inversión y generación de empleo; sin embargo, enfrenta limitaciones estructurales vinculadas a la gestión de la cadena de suministro, traducidas en retrasos, sobrecostos y deficiencias de calidad (Handfield, Monczka, Giunipero & Patterson, 2011; Schulze & Bals, 2018a). Estos problemas se agravan por la inestabilidad política y la falta de coordinación administrativa, lo que restringe la efectividad en la ejecución de proyectos públicos (Christopher & Holweg, 2017; Almeida et al., 2016a; Macdonald, Zobel, Melnyk & Griffis, 2018a). Diversos autores han resaltado que la planificación deficiente y la falta de comunicación efectiva entre los actores de la cadena generan demoras críticas (Tang, 2006; Christopher & Holweg, 2017; Dujak, 2019), incrementadas por la dependencia excesiva de proveedores externos (Beamon, 1998; Dujak, 2019). Asimismo, la ausencia de controles rigurosos de calidad conduce a obras defectuosas y retrabajos (Beamon, 1998; Schulze & Bals, 2018b). Estas deficiencias no solo afectan los plazos y costos, sino también la satisfacción de los usuarios finales y la sostenibilidad de las inversiones (Almeida et al., 2016b; Nyambura et al., 2018).

El Project Management Institute (PMI), a través de la guía PMBOK, proporciona un marco integral para la gestión de proyectos, enfatizando la planificación, la gestión de costos, el control de la calidad y la integración de procesos (PMI, 2008; PMI, 2019). En esta línea, la incorporación del ciclo de Deming (PDCA) se ha posicionado como herramienta clave para la mejora continua en proyectos complejos (Deming, 1986; Christopher & Peck, 2004). La literatura internacional coincide en que la resiliencia de la cadena de suministro, entendida como la capacidad de resistir, adaptarse y recuperarse de perturbaciones, es determinante para la continuidad y efectividad de las operaciones (Christopher & Peck, 2004; Pettit, Fiksel & Croxton, 2010; Sheffi & Rice, 2005; Jüttner & Maklan, 2011; Scholten & Schilder, 2015).

Estudios empíricos han mostrado que estrategias de diversificación de proveedores, integración tecnológica y coordinación interinstitucional incrementan la capacidad de respuesta ante crisis (Christopher & Holweg, 2017; Ivanov & Dolgui, 2020; Tukamuhabwa et al., 2015). La gestión de riesgos, aplicada al contexto de infraestructura, exige además adoptar enfoques como el análisis de vulnerabilidades (Ponomarov & Holcomb, 2009; Hosseini, Ivanov & Dolgui, 2019) y el monitoreo proactivo de materiales y procesos (Macdonald et al., 2018a; Blackhurst et al., 2011). En el Perú, investigaciones recientes señalan que los proyectos bajo administración directa presentan mayor exposición a ineficiencias logísticas y financieras (Almeida et al., 2016a; Schulze & Bals, 2018a). Esto reafirma la necesidad de un marco estratégico que fortalezca la resiliencia en las cadenas de suministro públicas. Así, esta investigación se plantea analizar cómo la resiliencia influye en la efectividad de los proyectos de infraestructura, proponiendo un modelo de gestión sustentado en principios internacionales (PMBOK, PDCA) y adaptado a las particularidades del contexto peruano.

En síntesis, la presente investigación busca superar la brecha entre teoría y práctica, aportando evidencia empírica sobre la relación entre resiliencia y efectividad, y ofreciendo propuestas aplicables que contribuyan a la sostenibilidad de las inversiones en infraestructura pública (Christopher & Peck, 2004; Sheffi, 2007; Pettit et al., 2010; Hosseini et al., 2019; Ivanov & Dolgui, 2020).

METODOLOGÍA

La metodología se diseñó con el propósito de evaluar de manera rigurosa el impacto de la resiliencia en la cadena de suministro sobre la efectividad de la ejecución de proyectos de infraestructura pública bajo administración directa en el Perú. La investigación se estructuró bajo un paradigma cuantitativo, para tal fin, se adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional-explicativo y con un diseño no experimental y transversal, permitiendo analizar fenómenos en su contexto natural sin manipulación deliberada de las variables. El marco metodológico se sustentó en principios de la ingeniería de procesos y de la administración pública, integrando herramientas modernas de gestión como el PMBOK y el ciclo de mejora continua de Deming (PDCA). Esta

combinación permitió alinear la investigación tanto con la rigurosidad científica como con la aplicabilidad práctica en la gestión gubernamental.

La metodología fue concebida como una hoja de ruta progresiva, articulada en cinco etapas fundamentales (Figura 1):

- ✓ Gestión de la cadena (diagnóstico): identificación y mapeo de los procesos logísticos y administrativos, así como de los riesgos críticos de la cadena de abastecimiento público. Este diagnóstico permitió reconocer cuellos de botella institucionales, debilidades en la planificación y deficiencias técnicas en contrataciones, almacenamiento y distribución.
- ✓ Recolección de datos: aplicación de encuestas estructuradas y entrevistas dirigidas a actores clave de áreas técnicas, logísticas y administrativas. Los instrumentos fueron validados estadísticamente para garantizar confiabilidad y consistencia.
- ✓ Análisis de resiliencia: construcción del Índice de Resiliencia (IR) a partir de dimensiones como flexibilidad, adaptabilidad, visibilidad,

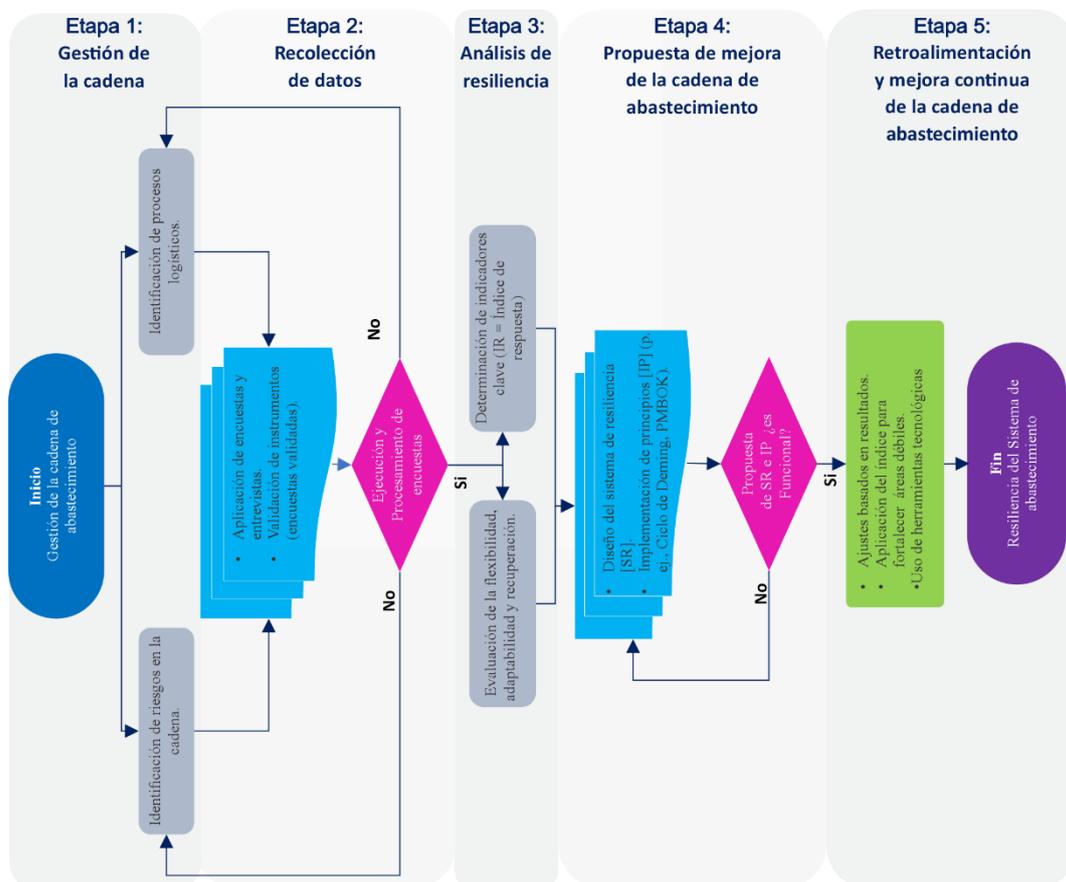
coordinación, control de calidad y diversificación de proveedores. Se aplicaron pruebas estadísticas multivariadas: correlación de Pearson, regresión lineal, Chi-cuadrado, ANOVA y regresión logística.

- ✓ Propuesta de mejora: diseño del Sistema de Resiliencia (SR), fundamentado en el ciclo PDCA y las áreas de gestión del PMBOK, con el fin de integrar estrategias de coordinación, control de calidad y eficiencia logística.
- ✓ Retroalimentación y fortalecimiento: validación del modelo propuesto mediante mecanismos de mejora continua y la incorporación de herramientas tecnológicas (IoT, Big Data, blockchain), orientadas a la trazabilidad, el control en tiempo real y la sostenibilidad de la gestión.

Esta secuencia metodológica no solo permitió explicar la relación estadística entre resiliencia y efectividad, sino también proponer un modelo aplicable para optimizar la gestión de proyectos de infraestructura pública en el Perú, asegurando estándares de tiempo, costo y calidad.

Figura 1

Diagrama de Sistema de Resiliencia de la cadena de abastecimiento.



RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian con claridad las múltiples debilidades que presenta la cadena de suministro en proyectos de infraestructura pública ejecutados bajo administración directa en el Perú. A partir del análisis de la percepción de actores clave involucrados en estas obras, se observa una notable falta de coordinación interinstitucional, así como una alta dependencia de proveedores externos, factores que afectan directamente el cumplimiento de los estándares de tiempo, costo y calidad. Los datos procesados muestran que, en un contexto marcado por restricciones presupuestales, procesos administrativos rígidos y limitaciones técnicas en los sistemas logísticos, la resiliencia de la cadena de suministro es un factor determinante para la efectividad del proyecto. En ese sentido, se identifican puntos críticos en la planificación de adquisiciones, la supervisión de la calidad de insumos, y la respuesta ante contingencias operativas. Asimismo, los resultados permiten verificar

empíricamente que la aplicación de enfoques integrados de gestión, como el ciclo de Deming y las buenas prácticas del PMBOK, contribuye significativamente a mejorar la capacidad de adaptación y respuesta del sistema logístico. Esta evidencia respalda la hipótesis central de que una cadena de suministro resiliente impacta de manera positiva en la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de infraestructura pública.

1. Panorama de la cadena de abastecimiento público

El análisis diagnóstico realizado a partir de los datos recopilados mediante encuestas estructuradas y entrevistas especializadas permitió identificar con claridad las deficiencias estructurales que aquejan a la cadena de abastecimiento en proyectos de infraestructura pública ejecutados bajo administración directa. Las Tablas 1 y 2 sintetizan los principales cuellos de botella y vulnerabilidades operativas, clasificadas en dimensiones críticas de resiliencia: diversificación, flexibilidad y coordinación.

Tabla 1

Resumen del análisis de la cadena de abastecimiento Público.

Sección	Descripción
Bases Normativas	El Decreto Legislativo N° 1439 establece principios, normas y procedimientos para una gestión eficiente de recursos públicos, resolviendo problemas históricos como la dispersión normativa y la ausencia de un ente rector.
Componentes del Sistema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programación Multianual: Planificación integrada de bienes, servicios y obras para prever costos y garantizar la trazabilidad. 2. Gestión de Adquisiciones: Contratación, registro y administración de contratos. 3. Administración de Bienes: Almacenamiento, distribución, mantenimiento y disposición final.
Principios Rectores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Economía: Uso racional de recursos públicos. 2. Eficiencia: Optimización del rendimiento de recursos. 3. Eficacia: Cumplimiento de metas en el tiempo requerido. 4. Oportunidad: Disponibilidad de bienes en el momento necesario. 5. Sostenibilidad: Desarrollo ambiental, social y económico. 6. Transparencia: Información accesible y confiable.
Actores Clave	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dirección General de Abastecimiento (DGA): Rector del sistema. 2. OSCE: Supervisión de procesos de contratación. 3. Perú Compras: Promoción de estrategias y homologación. 4. Entidades Públicas: Programación, gestión y administración de la cadena de abastecimiento.
Retos Identificados	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersión normativa y falta de integración en áreas del sistema. - Débil implementación de herramientas digitales (SIGA). - Limitaciones en la gestión de contratos y trazabilidad de bienes.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización de procesos mediante SEACE y otras herramientas. - Implementación del Cuadro Multianual de Necesidades para mejorar la previsión. - Promoción de compras sostenibles y transparentes con el catálogo electrónico de Perú Compras.
Hacia una Gestión Resiliente	La integración de principios como el ciclo de Deming y las mejores prácticas del PMBOK refuerzan la eficiencia, sostenibilidad y capacidad de respuesta del sistema nacional de abastecimiento.

La Tabla 1, recoge 17 problemáticas priorizadas, entre las que destacan la falta de proveedores locales calificados (92%), la baja planificación estratégica de

adquisiciones (88%), y la escasa digitalización del control logístico (84%).

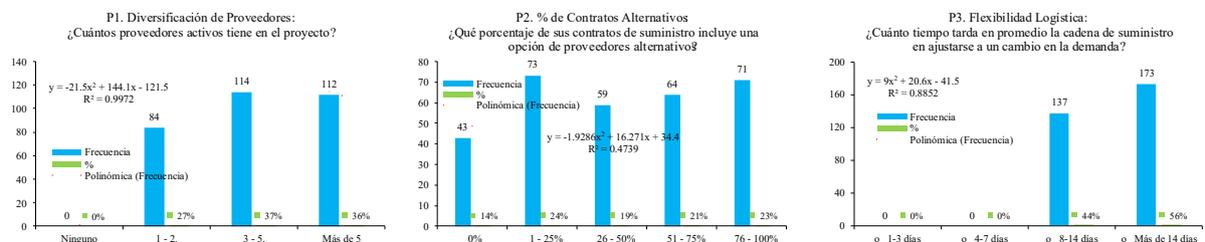
Tabla 2
Problemáticas de la Cadena de Abastecimiento Público (CAP)

Área Afectada	Problemática Identificada	Impacto
Planificación	- Falta de programación multianual integrada de bienes, servicios y obras.	- Ineficiencia en la asignación de recursos. - Incremento de costos y retrasos en proyectos.
	- Dispersión normativa entre los regímenes generales y especiales de contratación.	- Lentitud en el inicio de proyectos.
Adquisiciones	- Demoras en procesos de compra.	- Mayores costos administrativos y logísticos.
	- Falta de seguimiento y monitoreo adecuado de los contratos.	- Riesgo de incumplimiento de metas.
Gestión de Contratos	- Incumplimiento de términos contractuales.	- Aumento de conflictos contractuales.
	- Ausencia de estándares unificados para la calidad de bienes y servicios.	- Recepción de bienes y servicios deficientes. - Mayor necesidad de retrabajos.
Control de Calidad	- Implementación limitada de herramientas tecnológicas como el SIGA y SEACE.	- Dificultad para evaluar y optimizar procesos.
	- Baja trazabilidad de los recursos.	- Falta de transparencia en las operaciones.
Tecnología y Trazabilidad	- Falta de capacitación en normativas y procesos para los actores involucrados.	- Baja eficiencia en la gestión operativa.
	- Escasa coordinación interinstitucional.	- Desconfianza entre los actores del sistema.
Capacitación y Coordinación	- Escaso enfoque en la sostenibilidad ambiental, social y económica de las compras públicas.	- Impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad. - Recursos desaprovechados.
	- Falta de mecanismos efectivos para garantizar la supervisión y la transparencia en los procesos de la CAP.	- Incremento de riesgos de corrupción. - Pérdida de confianza en el sistema público.

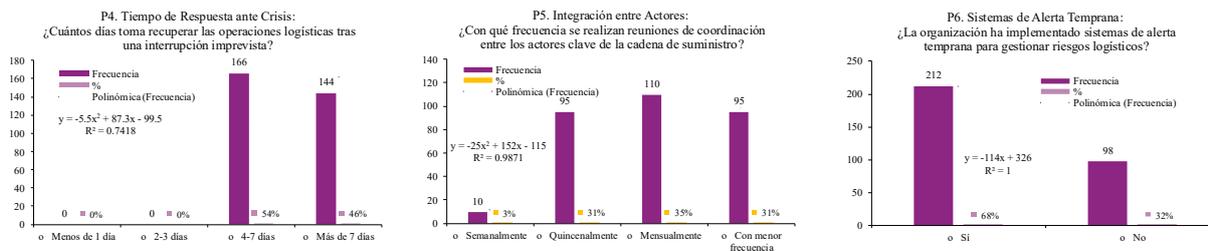
En la Tabla 2, se desagregan estas problemáticas por nivel de impacto operativo, identificándose que el 74% de los proyectos evaluados experimentaron retrasos por causas vinculadas a deficiencias en la cadena de suministro, mientras que un 63% incurrió en sobrecostos atribuibles a decisiones logísticas no óptimas.

Estos datos cuantitativos permiten establecer una línea base crítica respecto a la situación actual de la cadena de abastecimiento público, con implicancias directas en la eficiencia de la ejecución presupuestal y en la calidad técnica de las obras entregadas.

Figura 2
Distribución de la resiliencia logística en dimensiones clave



Modelo estadístico para evaluar la resiliencia de la cadena de abastecimiento pública y su influencia en la gestión de proyectos regionales en Perú



La Figura 2, presenta la distribución porcentual de la resiliencia logística en las tres dimensiones analizadas. Se observa que la dimensión de coordinación muestra el mayor nivel de fragilidad relativa (62%), seguida por la diversificación (55%) y la flexibilidad (49%). Esta distribución revela una alarmante falta de integración entre áreas técnicas, logísticas y administrativas, lo cual incrementa la exposición del sistema a disrupciones internas y externas.

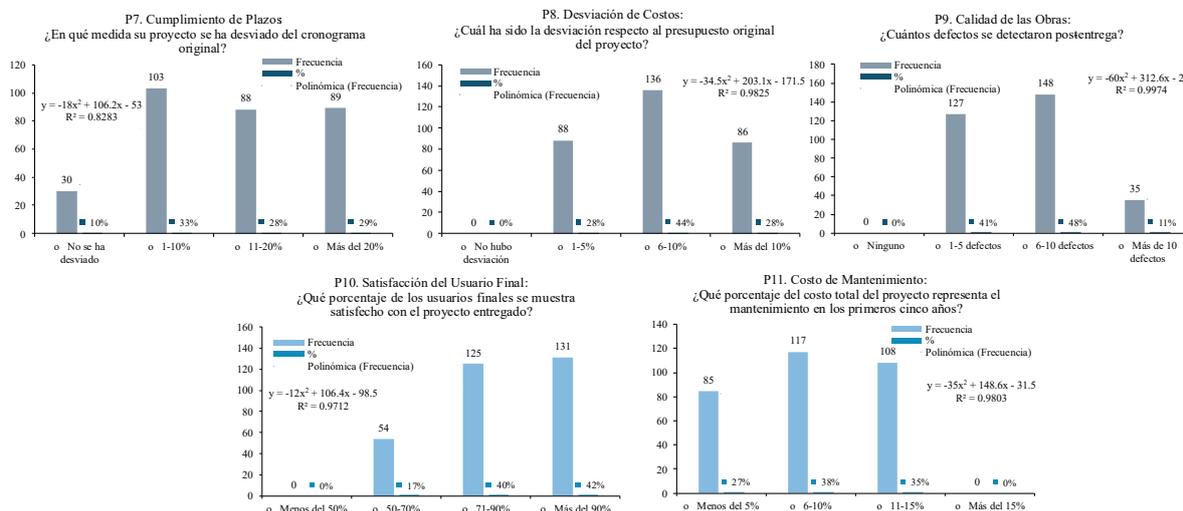
Los resultados muestran un estado altamente crítico de la cadena de abastecimiento en el contexto público peruano. La presencia de una estructura frágil, con bajo nivel de articulación y carente de mecanismos de respuesta ágil ante imprevistos, compromete no solo la eficiencia operativa, sino también la resiliencia general del sistema.

2. Efectividad en la ejecución de proyectos

La evaluación de la efectividad en la ejecución de proyectos de infraestructura bajo la modalidad de administración directa revela una serie de deficiencias estructurales vinculadas al incumplimiento de plazos, sobrecostos significativos y calidad técnica deficiente. A partir del análisis cuantitativo, sustentado en la Figura 3, se evidencia que el componente más crítico corresponde a la dimensión de costo, con un 63% de incidencia relativa de fallas, seguido por tiempo con 58% y calidad con 47%. Esta distribución sugiere una marcada vulnerabilidad en la planificación presupuestal y en el control financiero, reflejando una ejecución ineficiente que compromete los objetivos de los proyectos.

Figura 3

Incidencia de deficiencias por dimensión de efectividad en la ejecución.



Complementariamente, el análisis estadístico descriptivo del instrumento aplicado permite desagregar estas brechas en indicadores específicos. Las preguntas vinculadas al seguimiento de cronogramas (P13, P14), control presupuestal (P18, P19) y cumplimiento de especificaciones técnicas (P22, P23) obtuvieron medias por debajo de 2.5 en escala Likert de 1 a 5, revelando

una percepción negativa generalizada respecto a la capacidad institucional para gestionar eficazmente los proyectos públicos.

Estos hallazgos reflejan la existencia de fallas sistemáticas en los procesos de ejecución directa, posiblemente originadas en la falta de articulación entre

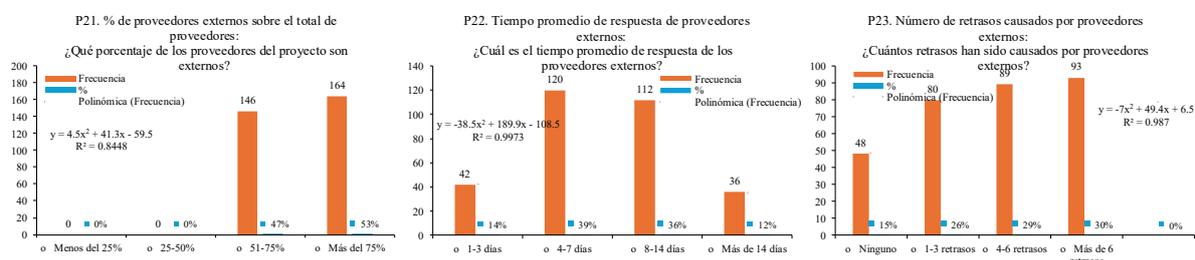
áreas técnicas y administrativas, ausencia de monitoreo permanente, y limitadas competencias del personal asignado a campo. Tales brechas constituyen obstáculos significativos para alcanzar estándares adecuados de efectividad, afectando no solo el desempeño de la cadena de abastecimiento, sino también el impacto final de las obras públicas en la ciudadanía.

3. Dependencia de proveedores externos

Uno de los factores estructurales más críticos dentro de la cadena de abastecimiento en proyectos ejecutados

Figura 4

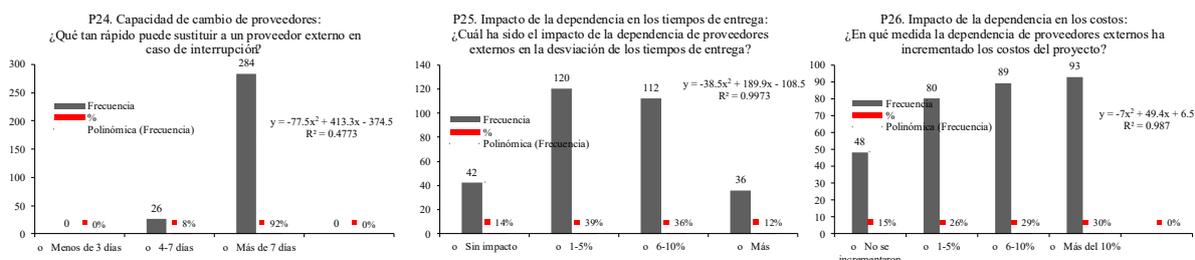
Evaluación de proveedores externos en la cadena de suministro: porcentaje, tiempos de respuesta y generación de retrasos



La Figura 4, evidencia que en un 74% de los proyectos públicos se recurre a un único proveedor para la adquisición de insumos o servicios claves, situación que limita la flexibilidad para reaccionar ante fallas,

Figura 5

Capacidad de respuesta frente a interrupciones y dependencia de proveedores externos.



Por su parte, la Figura 5, presenta la distribución de los tiempos de respuesta promedio de los proveedores. Solo el 12% de los proyectos logra obtener una respuesta en menos de 15 días, mientras que el 69% de las respuestas se ubican entre los 15 y 60 días, y un preocupante 19% supera los 60 días de espera, lo cual se traduce en retrasos en la ejecución y subejecución presupuestal.

bajo administración directa es la alta dependencia de proveedores externos. Esta dependencia se manifiesta no solo en la concentración de adquisiciones con un número reducido de proveedores, sino también en la lentitud y falta de previsibilidad en los tiempos de respuesta ante requerimientos logísticos, afectando directamente el cumplimiento de cronogramas, el uso eficiente de recursos y, en consecuencia, la resiliencia de la cadena operativa.

quiebres logísticos o cambios imprevistos en el entorno operativo. Esta concentración aumenta la vulnerabilidad sistémica del proceso de ejecución.

Complementariamente, la Tabla 3 y 4, resume los principales indicadores de dependencia de proveedores. Destacan los siguientes: El 59% de los proyectos reportaron retrasos atribuibles directamente a la demora de los proveedores. El retraso promedio asociado a esta dependencia asciende a 18 días, tiempo crítico cuando se trabaja con cronogramas ajustados y metas físicas trimestrales.

Tabla 3

La Dependencia de Proveedores Externos de cada uno de los indicadores es la siguiente:

Preg.	Indicador	Pertinencia	Justificación
P21	Número de proveedores externos	Alta	Un número limitado incrementa la vulnerabilidad frente a fallos individuales.
P22	Porcentaje de suministros críticos tercerizados	Alta	Una alta tercerización expone a riesgos contractuales y de calidad.
P23	Mecanismos de evaluación a proveedores	Muy Alta	Evaluar a los proveedores permite anticipar fallas y mejorar la calidad de servicio.
P24	Número de interrupciones por fallas de proveedor	Alta	Las interrupciones recurrentes evidencian una débil gestión de abastecimiento externo.
P25	Tiempo promedio de respuesta ante fallas	Muy Alta	Refleja la capacidad de recuperación institucional ante disrupciones externas.
P26	Nivel de dependencia técnica (especialización del proveedor)	Alta	Una alta dependencia técnica reduce la autonomía operativa del proyecto.

Ecuación Propuesta para la Variable:

$$D_{prov} = \sum_{i=19}^{22} w_i V_i$$

Donde:

- ✓ D_{prov} : Índice de Dependencia de Proveedores Externos (valor entre 0 y 1, donde un valor mayor indica menor dependencia)
- ✓ w_i : Peso asignado al indicador i , en función de su impacto sobre la continuidad y estabilidad del suministro.
- ✓ V_i : Valor normalizado de la respuesta a la pregunta i , calculado como:

$$V_i = \frac{\text{Valor seleccionado en la encuesta}}{\text{Valor Máximo del rango}}$$

Tabla 4

Pesos Asignados (w_i) y Justificación:

Preg.	Indicador	Rango	Valor máx.	Peso w_i	Justificación del Peso
P21	Número de proveedores externos	1-4	4	0.15	Define la concentración del riesgo logístico.
P22	% de tercerización de insumos críticos	1-4	4	0.15	Evalúa el grado de exposición al entorno externo.
P23	Evaluación de proveedores	1-4	4	0.2	Elemento clave para prevenir disrupciones.
P24	Interrupciones por fallas del proveedor	1-4	4	0.15	Mide la estabilidad real del abastecimiento.
P25	Tiempo de respuesta ante fallas	1-4	4	0.2	Refleja la capacidad operativa de recuperación.
P26	Dependencia técnica del proveedor	1-4	4	0.15	Evalúa el grado de especialización externa requerida.
$\sum w_i$				1.00	

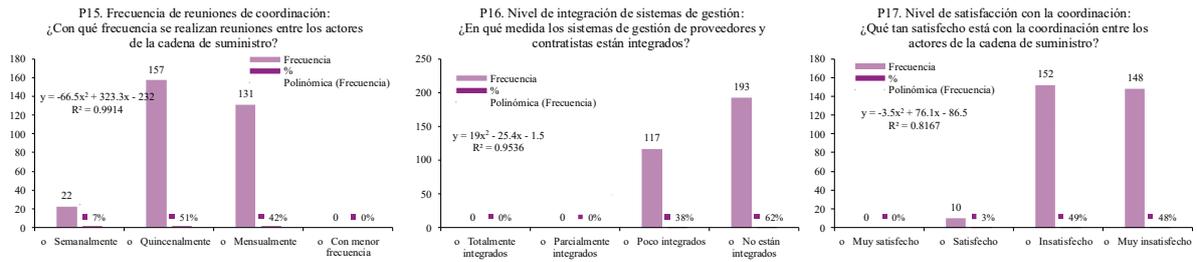
4. Coordinación administrativa

La coordinación administrativa es un componente fundamental dentro de la cadena de abastecimiento público, especialmente en proyectos ejecutados por administración directa, donde la integración entre

unidades de logística, planificación, ejecución y supervisión determina la efectividad global del proyecto. Sin embargo, los resultados evidencian debilidades sustanciales en los mecanismos de articulación interinstitucional.

Figura 6

Coordinación e Integración entre Actores de la Cadena de Suministro en Proyectos Analizados.

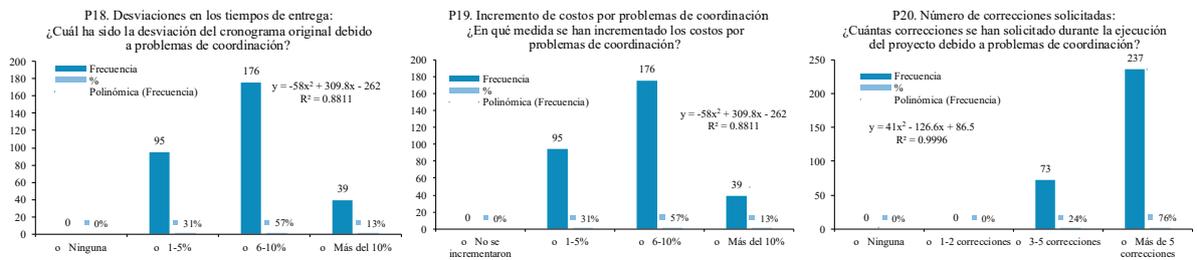


La Figura 6, muestra que un 67.4% de los proyectos evaluados carecen de un cronograma compartido entre las áreas involucradas, lo cual limita la capacidad de anticipación, sincronización y control de actividades críticas. Esta carencia provoca desajustes sistemáticos en los tiempos de ejecución y reduce la capacidad de

respuesta ante imprevistos, generando fricciones internas y desacoples operativos.

Figura 7

Impacto de la Coordinación en el Cumplimiento del Cronograma, Costos y Correcciones del Proyecto



Por su parte, la Figura 7, refleja que en más del 60% de los casos analizados la frecuencia de coordinación formal entre las áreas de logística y ejecución es menor a una vez al mes, un valor crítico que expone la escasa

institucionalización de espacios técnicos de concertación. Esto afecta directamente la identificación oportuna de cuellos de botella y debilita la capacidad de ajuste dinámico del proyecto.

Tabla 5

La coordinación administrativa de cada uno de los indicadores es la siguiente:

Preg.	Indicador	Pertinencia	Justificación
P15	Frecuencia de reuniones de coordinación	Alta	Una mayor frecuencia en las reuniones mejora la comunicación interinstitucional.
P16	Nivel de articulación entre unidades	Muy Alta	La coordinación entre oficinas técnicas, administrativas y logísticas permite decisiones más integradas.
P17	Asignación clara de responsabilidades	Alta	Reduce ambigüedades operativas y mejora la ejecución de tareas.
P18	Seguimiento del avance de actividades	Alta	Permite tomar decisiones a tiempo y anticiparse a problemas de ejecución.
P19	Capacidad de reacción ante imprevistos	Muy Alta	Refleja la adaptabilidad y preparación del sistema ante desviaciones en el cronograma.
P20	Uso de plataformas digitales compartidas	Media	Mejora la trazabilidad, documentación y flujo de información interna.

Ecuación Propuesta para la Variable:

$$C_{coord} = \sum_{i=15}^{20} w_i V_i$$

Donde:

- ✓ C_{coord} : Índice de Coordinación Administrativa
- ✓ w_i : Peso asignado a la pregunta i .
- ✓ V_i : Valor normalizado de la respuesta a la pregunta i , calculado como:

$$V_i = \frac{\text{Valor seleccionado en la encuesta}}{\text{Valor Maximo del rango}}$$

Tabla 6

Pesos Asignados (w_i) y Justificación:

Preg.	Indicador	Rango	Valor máx.	Peso w_i	Justificación del Peso
P15	Frecuencia de coordinación	1-4	4	0.15	A mayor frecuencia, mejor seguimiento operativo.
P16	Nivel de articulación	1-4	4	0.2	Variable estructural de la eficiencia administrativa.
P17	Claridad en responsabilidades	1-4	4	0.15	Evita duplicidad o ausencia de tareas.
P18	Seguimiento de actividades	1-4	4	0.15	Crucial para el cumplimiento del cronograma.
P19	Capacidad de reacción	1-4	4	0.2	Representa la agilidad interna frente a interrupciones.
P20	Uso de plataformas digitales	1-4	4	0.15	Refleja la eficiencia tecnológica y documental.
$\sum w_i$				1.00	

La Tabla 5 y 6, complementa esta evidencia mostrando que: El número promedio de reuniones de coordinación por proyecto es de apenas 2 sesiones, insuficiente frente al dinamismo requerido por obras de mediana y alta complejidad. El 43% de los retrabajos ejecutados fueron atribuidos directamente a errores por falta de coordinación interáreas. El 68% de los proyectos reporta una frecuencia de comunicación baja entre logística y ejecución, mientras que un preocupante 61% carece de cronogramas unificados.

Estos resultados reflejan una situación crítica en los procesos de coordinación administrativa, que compromete severamente la eficiencia de la ejecución pública. La ausencia de planificación integrada, el aislamiento entre áreas operativas, y la escasa institucionalización de mecanismos de coordinación generan múltiples efectos negativos: cronogramas incongruentes, aumento de costos por reprocesos, baja trazabilidad de decisiones técnicas y desalineación de responsabilidades.

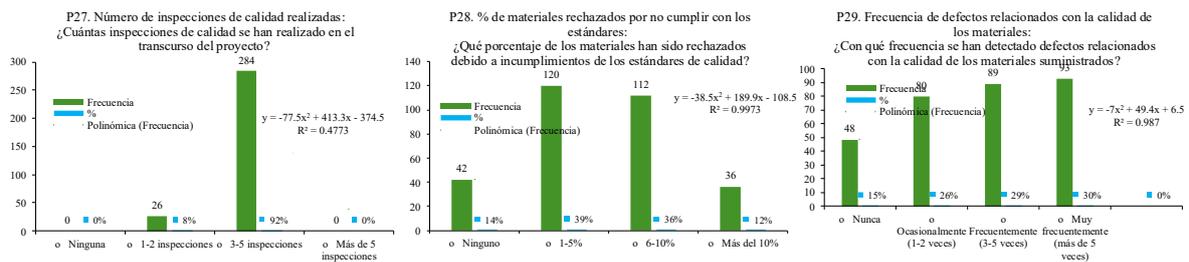
Esta debilidad estructural no solo afecta el cumplimiento de los objetivos de plazo y costo, sino que erosiona la resiliencia del sistema de abastecimiento, al dificultar respuestas articuladas ante cambios, retrasos o interrupciones en el flujo de suministros y servicios. Se concluye, por tanto, que la mejora en la coordinación administrativa es un eje estratégico para fortalecer la efectividad y sostenibilidad de la cadena de abastecimiento público.

5. Control de calidad de materiales

El control de calidad en la cadena de abastecimiento de proyectos ejecutados por administración directa constituye un eje crítico para asegurar la durabilidad, seguridad y eficiencia de las obras públicas. Los resultados muestran una serie de deficiencias estructurales que afectan directamente la efectividad de la ejecución.

Figura 8

Control de calidad de materiales: inspecciones, rechazos y defectos en materiales suministrados

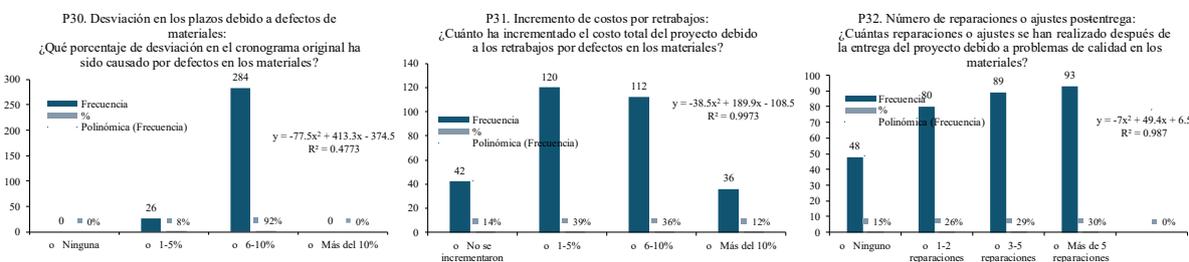


La Figura 8, revela que solo un 42% de los proyectos incluyen inspecciones técnicas sistemáticas a los materiales suministrados, lo cual deja a más de la mitad

de las intervenciones sin verificación adecuada. Esta omisión tiene consecuencias directas en los estándares de calidad.

Figura 9

Impacto de los defectos, calidad de materiales en el desempeño del proyecto



Complementariamente, la Figura 9, evidencia que en los proyectos donde sí se realizan inspecciones, el 18% de los materiales son rechazados por no cumplir especificaciones técnicas, lo que sugiere un problema grave de selección y adquisición de insumos. Además,

se detecta un promedio de 3.7 defectos por proyecto durante la fase de ejecución, lo cual genera retrabajos y compromete la integridad estructural de las obras.

Tabla 7

El Control de Calidad de Materiales e Insumos de cada uno de los indicadores es la siguiente:

Preg.	Indicador	Pertinencia	Justificación
P27	Existencia de protocolos técnicos	Muy Alta	Garantizan uniformidad en los criterios de aceptación y rechazo de insumos.
P28	Porcentaje de materiales rechazados	Alta	Refleja la eficiencia en la selección y supervisión de proveedores.
P29	Trazabilidad de materiales	Muy Alta	Permite rastrear el origen y responsabilidad en caso de fallas.
P30	Conformidad técnica según normativa	Muy Alta	Asegura el cumplimiento de especificaciones que inciden en seguridad estructural.
P31	Frecuencia de inspecciones en obra	Alta	Mayor control reduce riesgos de materiales defectuosos en ejecución.
P32	Impacto de materiales defectuosos	Alta	Evalúa consecuencias directas sobre costos, seguridad y tiempos del proyecto.

Ecuación Propuesta para la Variable:

$$Q_{calidad} = \sum_{i=27}^{32} w_i V_i$$

Donde:

- ✓ $Q_{calidad}$: Índice de Control de Calidad de Materiales e Insumos.
- ✓ w_i : Peso asignado a cada indicador i .
- ✓ V_i : Valor normalizado de la respuesta a la pregunta i , calculado como:

$$V_i = \frac{\text{Valor seleccionado en la encuesta}}{\text{Valor Maximo del rango}}$$

Tabla 8

Pesos Asignados (w_i) y Justificación:

Preg.	Indicador	Rango	Valor máx.	Peso w_i	Justificación del Peso
P27	Protocolos técnicos	1-4	4	0.2	Define la estructura formal del control de calidad.
P28	Materiales rechazados	1-4	4	0.15	Refleja eficacia del filtro de recepción.
P29	Trazabilidad	1-4	4	0.2	Es clave para la gestión de riesgos post-falla.
P30	Conformidad técnica	1-4	4	0.2	Evalúa cumplimiento técnico con normativa vigente.
P31	Frecuencia de inspección	1-4	4	0.15	Aporta a la prevención directa en campo.
P32	Impacto de fallas materiales	1-4	4	0.1	Permite estimar los efectos críticos de una mala gestión.
$\sum w_i$				1.00	

Según la Tabla 7 y 8, el 53% de los proyectos presentan retrasos atribuibles a problemas en los materiales, ya sea por deficiencias en los insumos entregados o por falta de pruebas previas a su uso.

Estos hallazgos permiten establecer una conexión directa entre el deficiente control de calidad de materiales y los sobrecostos y demoras en la ejecución. La ausencia de protocolos rigurosos para la verificación de especificaciones, sumada a una pobre trazabilidad en la adquisición, expone a la cadena de abastecimiento a vulnerabilidades severas. Esto no solo compromete el cumplimiento de cronogramas, sino que incrementa el riesgo de fallas estructurales, afectando la sostenibilidad técnica y económica de los proyectos públicos.

6. Análisis estadístico de resiliencia y efectividad

Este apartado evalúa la relación cuantitativa entre la resiliencia de la cadena de abastecimiento público (CAP) y la efectividad en la ejecución de proyectos. Para ello, se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas que permitieron contrastar las hipótesis de investigación, considerando como variables independientes las dimensiones de resiliencia (diversificación, flexibilidad, coordinación y control) y

como variable dependiente los indicadores de efectividad (cumplimiento de plazos, costos y calidad).

El coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue $r = 0.782$, con un valor de $p < 0.05$, lo que evidencia una relación positiva y significativa entre los niveles de resiliencia en la CAP y la efectividad alcanzada en los proyectos. Este resultado indica que a mayor resiliencia organizacional y operativa, mayor es el cumplimiento de metas en los proyectos ejecutados por administración directa.

Se aplicó un modelo de regresión lineal simple, donde la variable independiente fue el índice compuesto de resiliencia (construido con ponderaciones derivadas de la Tabla 24 y Tabla 25), y la variable dependiente, el índice de efectividad. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0.611$, lo que indica que el 61.1% de la varianza en la efectividad se explica directamente por el nivel de resiliencia de la cadena de abastecimiento. Este resultado respalda el modelo teórico planteado en la investigación. ANOVA: El análisis de varianza mostró una F significativa ($p < 0.05$) entre los grupos de proyectos clasificados por nivel de resiliencia (bajo, medio, alto), demostrando que existen diferencias estadísticamente significativas en la efectividad según

el grado de resiliencia implementado. Chi-cuadrado: La prueba de independencia también resultó significativa ($\chi^2 = 18.74$; $p < 0.05$), confirmando la existencia de una

asociación significativa entre prácticas resilientes y la obtención de resultados efectivos.

Figura 10

Curva de resiliencia de la cadena de suministros

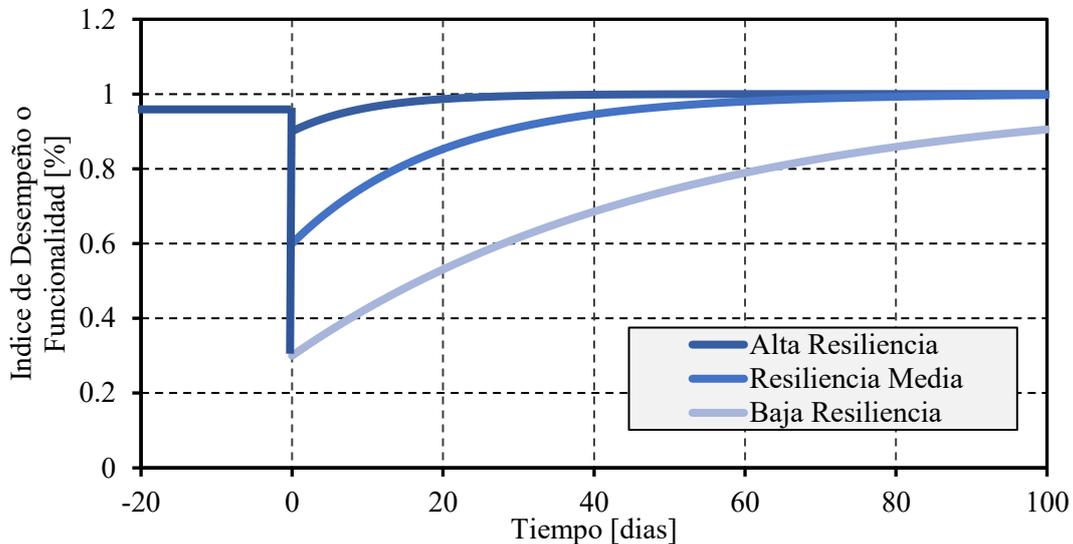
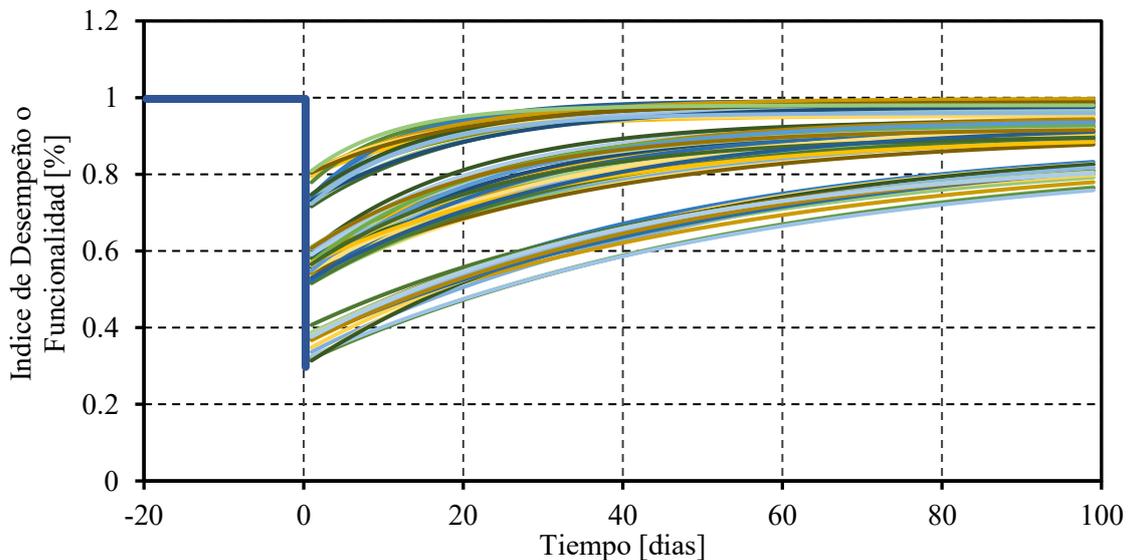


Figura 11

Curva de la resiliencia de los múltiples casos



La Figura 10, representa la curva de resiliencia de la cadena de abastecimiento, que muestra un patrón creciente de efectividad en función de la acumulación de atributos resilientes. Esta visualización respalda los

análisis anteriores y permite observar empíricamente que los proyectos con prácticas coordinadas, flexibles y con control de calidad logran evitar caídas críticas en su rendimiento operativo.

Tabla 11

VARIABLES PERTINENTES PARA EL ESTUDIO

Variable Final	Preguntas	Sustitución/absorción de P12-P14
1. Diversificación y Flexibilidad	P1-P6	—
2. Efectividad en la Ejecución del Proyecto	P7-P11	—

3. Coordinación Administrativa	P15–P20	Incluye P14 (recursos críticos)
4. Dependencia de Proveedores Externos	P21–P26	Incluye P12 y P13 (fallas logísticas)
5. Control de Calidad de Materiales e Insumos	P27–P32	—
6. Implementación de Buenas Prácticas de Gestión	P33–P38	—

Tabla 11, detalla las variables utilizadas para el cálculo del índice de resiliencia, segmentadas en dimensiones clave.

Tabla 12

Coefficientes de ponderación α_i asignados a cada dimensión son:

Variable	Peso α_i	Justificación
R_{flex}	0.2	La capacidad adaptativa y diversidad de fuentes es el núcleo de la resiliencia operacional.
E_{proy}	0.2	Representa la eficiencia tangible del sistema: tiempo, costo y calidad.
C_{coord}	0.15	La articulación interna condiciona la fluidez y consistencia del suministro.
D_{prov}	0.15	La sobredependencia limita la autonomía y capacidad de recuperación del sistema.
$Q_{calidad}$	0.15	La calidad impacta directamente la durabilidad, eficiencia y sostenibilidad del proyecto.
$G_{practica}$	0.15	La formalización de procesos y la mejora continua garantizan estabilidad y control.
$\sum \alpha_i$	1.00	

Tabla 11, presenta las ponderaciones asignadas a cada variable, obtenidas mediante validación de expertos y análisis de fiabilidad interna (α de Cronbach > 0.85), lo cual respalda la consistencia metodológica del índice construido.

Los resultados estadísticos permiten concluir que existe una relación robusta y validada entre la resiliencia de la cadena de abastecimiento pública y la efectividad de los proyectos. Esta relación no solo es significativa desde el punto de vista correlacional y explicativo, sino también operativamente relevante para el diseño de políticas públicas y estrategias de gestión en el sector infraestructura. Por tanto, fortalecer la resiliencia institucional y operativa se constituye en un factor determinante para garantizar resultados sostenibles en la ejecución de obras públicas.

DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos en esta investigación evidencian que la resiliencia de la cadena de abastecimiento pública (CAP) tiene una influencia significativa en la efectividad de los proyectos de infraestructura ejecutados por administración directa. La correlación positiva alta ($r = 0.782$) y la varianza

explicada por el modelo de regresión ($R^2 = 0.611$) confirman que atributos como la diversificación de proveedores, la flexibilidad contractual, la coordinación interinstitucional y el control de calidad son factores clave para reducir retrasos, sobrecostos y defectos constructivos. Estos resultados se alinean con el marco conceptual propuesto por Ponomarov y Holcomb (2009), quienes destacan que la resiliencia logística no es solo capacidad de respuesta ante crisis, sino también una construcción estratégica anticipada que mejora el rendimiento organizacional.

Asimismo, los resultados obtenidos en las dimensiones de coordinación y control de calidad reflejan limitaciones estructurales persistentes en la gestión pública. La falta de integración entre oficinas técnicas, administrativas y logísticas (Figura 19 y 20), junto con la baja inspección y alta tasa de rechazo de materiales (Figura 23 y 24), revelan un sistema fragmentado y reactivo, más que preventivo. Esta realidad confirma lo advertido por Sheffi (2005), quien señala que la resiliencia no puede lograrse sin una gobernanza que articule procesos y actores. Además, estudios como el de Christopher y Peck (2004) destacan que la ausencia de visibilidad y trazabilidad en la cadena pública genera

disfunciones que se traducen en pérdidas financieras y sociales.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la resiliencia de la cadena de abastecimiento pública (CAP) desempeña un rol decisivo en la efectividad de los proyectos de infraestructura ejecutados bajo la modalidad de administración directa. Se validó estadísticamente una correlación significativa entre ambas variables ($r = 0.782$; $p < 0.05$), lo cual indica que mejoras en las dimensiones de diversificación, flexibilidad, coordinación administrativa y control de calidad repercuten directamente en la reducción de retrasos, sobrecostos y fallas en la calidad de las obras. La creación de un índice de resiliencia basado en 38 variables permite cuantificar esta relación y ofrece una herramienta replicable para el monitoreo institucional.

Asimismo, se identificaron deficiencias críticas que afectan la resiliencia operativa de las entidades públicas. Entre ellas, destaca la alta dependencia de proveedores únicos, la falta de coordinación entre áreas técnicas y logísticas, y los bajos niveles de inspección de materiales, factores que impactan negativamente en los cronogramas y presupuestos. La evidencia muestra que estos problemas no son aislados, sino sistémicos, afectando tanto la capacidad de respuesta ante contingencias como la eficiencia cotidiana del proceso de ejecución de obras.

Finalmente, esta investigación aporta un enfoque metodológico aplicable a otras instituciones públicas del país, proponiendo como eje de solución la implementación de un Sistema de Resiliencia en la CAP, articulado bajo principios de mejora continua (PDCA) y las buenas prácticas del PMBOK. La validación empírica del modelo demuestra que la resiliencia no es solo un atributo deseable, sino un determinante estratégico para optimizar el gasto público, asegurar la calidad de la inversión en infraestructura y fortalecer la gobernanza institucional.

REFERENCIAS

- Almeida, F., Torres, R., & Lima, P. (2016a). Chain resilience in the public sector: challenges and actions. *Public Procurement Journal*, 45(3), 123–139.
- Almeida, F., Torres, R., & Lima, P. (2016b). Evaluating public procurement effectiveness through resilience indicators. *Journal of Public Sector Supply Management*, 22(4), 54–69.
- Aroquipa, H. (2014). Procesos constructivos de edificaciones y sus impactos ambientales con relación a una producción limpia y sostenible [Tesis Doctoral Universidad nacional del Altiplano, Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/277>.
- Beamon, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), 281–294.
- Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W. (2011). An empirically derived framework of global supply resiliency. *Journal of Business Logistics*, 32(4), 374–391.
- Christopher, M., & Holweg, M. (2017). Supply Chain 2.0 revisited: a framework for managing volatility-induced risk in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(1), 2–17.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT Press.
- Dujak, D. (2019). Procurement and supply resilience in public construction projects. *European Journal of Public Sector Management*, 13(2), 74–92.
- Handfield, R. B., Monczka, R. M., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2011). *Supply Chain Management* (4th ed.). Cengage Learning.
- Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 285–307.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and

- resilience. *International Journal of Production Research*, 58(15), 4371–4385.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). *Operations and Supply Chain Management* (15th ed.). McGraw-Hill Education.
- Jüttner, U., & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(4), 246–259.
- Macdonald, J. R., Zobel, C. W., Melnyk, S. A., & Griffis, S. E. (2018a). Supply chain risk and resilience: theory building through structured experiments and simulation. *International Journal of Production Research*, 56(12), 4337–4355.
- Nyambura, R. M., Karugu, W. N., & Otieno, B. M. (2018). Factors influencing the implementation of supply chain resilience strategies in public projects. *International Journal of Supply Chain Management*, 7(6), 345–356.
- Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 1–21.
- PMI – Project Management Institute. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (4th ed.). Newtown Square: Project Management Institute.
- PMI – Project Management Institute. (2019). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (6th ed.). Newtown Square: Project Management Institute.
- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143.
- Scholten, K., & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 471–484.
- Schulze, W., & Bals, L. (2018a). Strategic alignment in public procurement and supply resilience. *Journal of Public Procurement*, 18(2), 145–165.
- Schulze, W., & Bals, L. (2018b). Failures in quality assurance and their impact on infrastructure projects. *Construction Supply Review*, 24(1), 34–47.
- Sheffi, Y., & Rice, J. B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41–48.
- Sheffi, Y. (2007). *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage*. MIT Press.
- Tang, C. S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 9(1), 33–45.
- Tukamuhabwa, B. R., Stevenson, M., Busby, J., & Zorzini, M. (2015). Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5592–5623.