

## Optimización de procesos operativos mediante PERT para la mejora en eficiencia y reducción de costos en servicios petroleros

Lizbeth Yanareli Rodríguez-Palma, Moisés Abraham Petriz-Prieto, José Castro-Baeza, Esveidi Montserrat Valdovinos-García \*

División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez (DAMJM), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carret. Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco km. 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, Jalpa de Méndez, Tabasco, C.P. 86205, México

\*Autor de correspondencia: [esveidi.valdovinos@ujat.mx](mailto:esveidi.valdovinos@ujat.mx);

**Desarrollo Sustentable** (Ahorro de recursos en procesos industriales)

Recibido: 23 de agosto de 2025      Aceptado: 3 de octubre de 2025      Publicado: 27 de enero de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v5i1.628>

**Resumen:** La eficiencia operativa en la industria petrolera depende de la adecuada gestión de procesos, ya que los retrasos generan costos adicionales y reducen la competitividad. Este estudio aplicó el método PERT (Program Evaluation and Review Technique) para identificar la ruta crítica en el flujo actual de renta de herramientas de perforación en una empresa del sector petrolero y diseñar una propuesta de mejora que optimice los tiempos de atención. El análisis inicial reveló ocho trayectorias posibles, siendo la Ruta 6 la crítica, con una duración aproximada de 9.45 horas. La propuesta consistió en reorganizar actividades internas y realizar mantenimiento preventivo inmediato, reduciendo el tiempo total del proceso en un 10 % (8.39 horas) y consolidando la atención al cliente en 0.42 horas mediante la implementación de un inventario en tiempo real. Estos resultados evidencian que la aplicación de PERT no solo contribuye a minimizar cuellos de botella y sobrecostos por mantenimientos urgentes, sino que también impulsa la sostenibilidad del servicio al optimizar el uso de recursos humanos, energéticos y logísticos.

**Palabras clave:** PERT, ruta crítica, optimización de procesos, industria petrolera, sostenibilidad operativa

## Operational process optimization using PERT to improve efficiency and reduce costs in oilfield services

**Abstract:** Operational efficiency in the oil industry depends on proper process management, as delays generate additional costs and reduce competitiveness. This study applied the Program Evaluation and Review Technique (PERT) to identify the critical path in the current workflow of drilling tool rental in an oilfield service company and to design an improvement proposal aimed at optimizing response times. The initial analysis revealed eight possible paths, with Path 6 identified as critical, having an approximate duration of 9.45 hours. The proposed improvement consisted of reorganizing internal activities and implementing immediate preventive maintenance, reducing the total process time by 10% (8.39 hours) and consolidating customer service in 0.42 hours through the implementation of a real-time inventory. These findings demonstrate that the application of PERT not only helps minimize bottlenecks and additional costs associated with urgent maintenance but also enhances service sustainability by optimizing the use of human, energy, and logistical resources.

**Keywords:** PERT, critical path, process optimization, oil industry, operational sustainability

### Introducción

En la industria petrolera, caracterizada por operaciones complejas y altos costos asociados a la ineficiencia, la optimización de procesos se ha convertido en un factor estratégico para mantener la competitividad y garantizar la sostenibilidad operativa (Montenegro *et al.*, 2024; Pincay *et al.*, 2025). Los retrasos en la atención de servicios no solo incrementan los tiempos de entrega y el consumo de recursos, sino que también generan sobrecostos que impactan directamente en la rentabilidad del negocio (Gallo Pilapanta, 2015). La ausencia de una planificación presupuestaria adecuada no solo pone en riesgo la viabilidad operativa de las actividades, sino que también afecta de manera adversa la calidad de los servicios prestados por la organización, incrementando prácticas de gestión ineficiente y mal uso de los recursos financieros (López Paredes *et al.*, 2025). Ante este escenario, la adopción de metodologías que permitan identificar cuellos de botella y priorizar actividades críticas resulta indispensable para mejorar la eficiencia, reducir costos y fortalecer la capacidad de respuesta (Enrique Arguello *et al.*, 2018).

Entre las herramientas de planificación y control de proyectos, el método PERT (Program Evaluation and Review Technique) se ha consolidado como un enfoque eficaz para analizar secuencias de actividades interdependientes, estimar tiempos de ejecución y determinar la ruta crítica de un proceso (Capri, 1975; Poggioli, s.f.). Su aplicación en

entornos industriales ofrece la posibilidad de gestionar recursos de forma más eficiente, prever retrasos y diseñar estrategias orientadas a la mejora continua (Jiménez Trejo, 2005). El método PERT considera tres estimaciones para cada actividad: tiempo optimista ( $T_0$ ), más probable ( $T_m$ ) y pesimista ( $T_p$ ), a partir de las cuales se calcula un tiempo esperado ( $T_e$ ) como se presenta en la Ecuación 1 (Capri, 1975):

$$T_e = \frac{T_0 + 4T_m + T_p}{6} \quad (1)$$

La estimación ponderada permite obtener una aproximación realista de la duración esperada, considerando la variabilidad inherente a los procesos industriales (Enrique-Arguello *et al.*, 2018). Además, el análisis PERT facilita el cálculo de la varianza y la desviación estándar del proyecto, estimando la probabilidad de finalizar en un tiempo específico, lo que la convierte en una herramienta clave para la toma de decisiones en escenarios de incertidumbre (Jiménez Trejo, 2005).

Diversos estudios han evidenciado la eficacia del método PERT en la optimización de procesos industriales y en la mejora de la eficiencia operativa. Montenegro *et al.*, (2024) aplicaron PERT/CPM para identificar actividades críticas en la distribución de materiales, logrando reducciones significativas en los tiempos de ciclo. De manera similar, Gallo Pilapanta (2015) reportó mejoras sustanciales en la gestión de proyectos en empresas de servicios petroleros mediante el análisis de rutas críticas. En el mismo sentido, Alcívar *et al.* (2023) destacaron la utilidad del método PERT en la industria petrolera para minimizar retrasos y optimizar recursos, mientras que Vega y Herrera (2022) demostraron su aplicabilidad en la optimización de cadenas de suministro, resaltando su relevancia en entornos de alta demanda y variabilidad. Estas evidencias respaldan la pertinencia de implementar esta metodología en el contexto actual de la renta de herramientas de perforación. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo identificar la ruta crítica del proceso actual de renta de herramientas de perforación en una empresa del sector petrolero, mediante la aplicación del método PERT, y proponer un rediseño operativo que reduzca tiempos de ejecución y minimice costos adicionales. Con ello, se busca optimizar el desempeño del servicio, garantizar la disponibilidad de herramientas en menor plazo y contribuir a la sostenibilidad del proceso mediante el uso eficiente de recursos (Llanos Encalada *et al.*, 2023). Por otro lado, este estudio se limita a considerar los tiempos optimistas a pesimistas, los cuales se obtienen a partir de los registros históricos proporcionados por la empresa. Toda situación extraordinaria, por condiciones externas o internas, queda fuera de consideración dado que se pretende obtener una solución que sea aplicable a los rangos de tiempo más comunes a las actividades analizadas.

## Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en una empresa del sector petrolero dedicada a la renta de herramientas de perforación, cuenta con aproximadamente 150 empleados y proporciona alrededor de 5 servicios al día, donde renta un promedio de 15 herramientas. Por cada servicio realizado factura de 3000 a 5000 USD. La empresa proporciona sus servicios las 24 horas del día y los 7 días de la semana. El objetivo de este trabajo es identificar la ruta crítica del proceso operativo actual y proponer estrategias para su optimización.

### Recopilación y análisis de datos

Se inició con la identificación de las operaciones y actividades que conforman el flujo de trabajo, registrando su duración y relaciones de dependencia. Para cada actividad se definieron tres estimaciones de tiempo: optimista ( $T_0$ ), más probable ( $T_m$ ) y pesimista ( $T_p$ ), con base en observaciones directas y en datos históricos proporcionados por la empresa.

### Aplicación del método PERT

Con la información recopilada, se elaboró un diagrama de red que representa la secuencia lógica de las actividades. Posteriormente, se calcularon los tiempos esperados para cada operación utilizando la expresión mostrada en la Ecuación 1, lo que permitió obtener una estimación ponderada más realista para cada actividad (Enrique-Arguello *et al.*, 2018; Capri, 1975). Este análisis también facilitó la determinación de los tiempos de inicio y finalización más tempranos y tardíos, así como la duración total del proceso, identificando la ruta crítica que condiciona el tiempo de atención al cliente.

## Evaluación y propuesta de mejora

Con base en la ruta crítica identificada, se priorizaron las actividades con mayor impacto en la duración del proceso, diseñando un esquema optimizado orientado a reducir los tiempos de ciclo, eliminar sobrecostos asociados a mantenimientos urgentes y mejorar la disponibilidad de herramientas. Finalmente, se implementó una evaluación comparativa entre el flujo operativo original y la propuesta mejorada, midiendo la reducción porcentual en la duración total del servicio.

## Resultados y Discusión

El análisis del proceso operativo actual (Tabla 1) permitió identificar un total de ocho trayectorias posibles (Tabla 2) en la red de actividades, obtenidas a partir del diagrama PERT mostrado en la Figura 1, el cual representa la secuencia actual de operaciones. Estas trayectorias se determinaron considerando todas las combinaciones de actividades que conectan el nodo inicial con el nodo final, conforme a las dependencias establecidas en la red.

Tabla 1. Datos por el método PERT (Tiempo optimista, probable, pesimista y esperado, en horas)

Clave	Actividad	Predecesora	Tiempo optimista ( $T_o$ )	Tiempo más probable ( $T_m$ )	Tiempo pesimista ( $T_p$ )	Tiempo esperado ( $T_e$ )
A	Inicio: Solicitud del cliente	N/A	0.16	0.25	0.5	0.28
B	Búsqueda de herramientas	A	0.25	0.33	0.83	0.40
C	Lavado de herramientas	B	0.25	0.5	1	0.54
D	No se cuenta con la herramienta	B	0.33	0.5	1	0.56
E	Revisión de inspección	B	0.08	0.25	0.5	0.26
F	Si cuenta con inspección vigente	E	0.08	0.25	0.5	0.26
G	(No) Envío a inspección con servicio de urgencia	C,E	1	2	5	2.33
H	(No) Envío a reparación con servicio de urgencia	G	1	2	5	2.33
I	(No) Envío a inspección con servicio de urgencia	H	0.5	1	3	1.25
J	(Si) Acondicionamiento de la herramienta	F,G,I	0.16	0.33	0.66	0.36
K	(Si) Dimensionamiento y elaboración de ficha técnica	J	0.16	0.33	0.5	0.33
L	Notificación y entrega al cliente: Reunión con el cliente	J,K	0.5	1	5	1.58
M	Entrega de herramienta al cliente	L	0.16	0.33	0.5	0.33
N	Fin del proceso	D,M				

Tabla 2. Trayectorias de ejecución dentro de la red

Ruta	Trayectoria	Tempo de ejecución (h)
1	A,B,C,G,H,I,J,L,M,N	9.4
2	A,B,D,N	1.24
3	A,B,C,G,J,L,M,N	5.82
4	A,B,C,G,J,K,L,M,N	6.15
5	A,B,E,G,H,I,J,L,M,N	9.12
6	A,B,E,G,H,I,J,K,L,M,N	9.45 (RC)
7	A,B,E,F,J,L,M,N	3.47
8	A,B,E,F,J,K,L,M,N	3.8

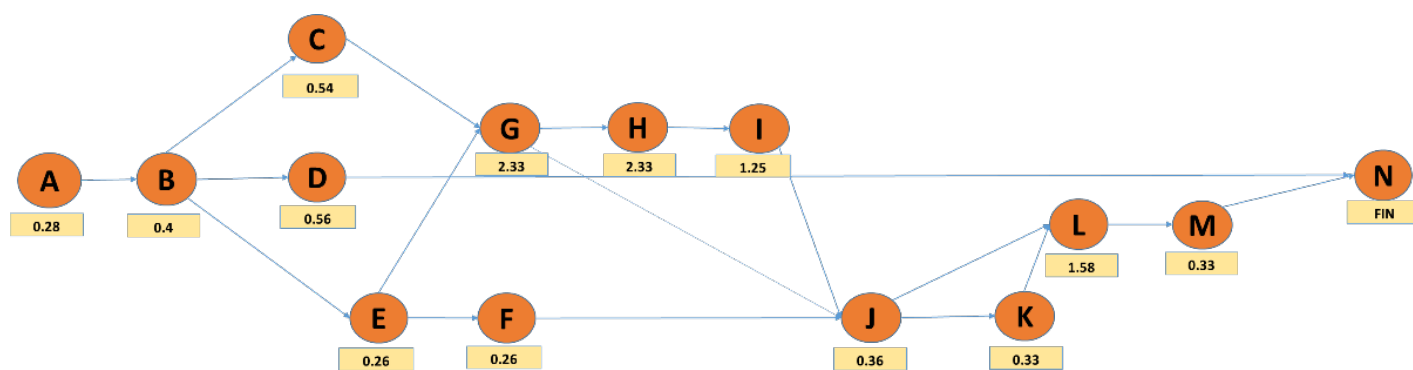


Figura 1. Diagrama PERT del proceso operativo

En la Tabla 1 además de mostrar los tiempos optimistas, más probables y pesimistas utilizados para este análisis, también se presentan los valores de tiempo esperado para cada actividad. Con esta información, se elaboró el diagrama PERT con tiempos esperados (Figura 1) y se calcularon las duraciones totales de cada una de las trayectorias. Con los resultados se determinó que la Ruta 6 es la ruta crítica (RC) (A, B, E, G, H, I, J, K, L, M, N), con una duración acumulada aproximada de 9.45 horas para la atención completa del servicio. Esta ruta contempla lo siguiente: A) el cliente se comunica con el área de operaciones de la empresa y consulta la disponibilidad de herramientas de acuerdo con su necesidad. B) La empresa programa al personal responsable para verificar si la herramienta se encuentra en el taller, y si la herramienta se encuentra físicamente en el taller, se procede a verificar si cumple con inspección vigente y pasa a la operación E), la revisión de inspección vigente. Si la herramienta no cuenta con la inspección vigente, se elabora una orden de servicio para su inspección con servicio de urgencia, y se asigna personal para el transporte de la herramienta a su servicio, G) Envío a inspección con servicio de urgencia. Si la herramienta no se encuentra en buenas condiciones, esta se envía a reparación con servicio de urgencia, H). Ya que se reparó la herramienta, ésta se envía nuevamente a inspección para verificar que la reparación haya quedado bien y no presente ningún otro daño, I). Una vez que la herramienta cuenta con reporte de inspección ACEPTADO, se asigna personal para su acondicionamiento de limpieza, pintura, protección de conexiones, J) y su elaboración de ficha técnica, K). Cuando la herramienta ya cuenta con reporte de inspección, dimensionamiento, ficha técnica y se encuentra pintada, se le notifica al cliente que su solicitud esta lista, para proceder a programar la reunión de revisión de las herramientas, L), y finalmente llegar a la entrega, M), y así llegamos al Fin del proceso, N).

Con el análisis de la Ruta crítica observamos que el gran problema que presenta la empresa es debido a que no se tiene un inventario el cual pueda ser consultado en tiempo real y con esta información poder dar una pronta respuesta al cliente. Para que este inventario funcione las herramientas inventariadas ya deben estar limpias y con su reporte de inspección de ACEPTADO, así el tiempo de respuesta al cliente sería mucho menor. Este resultado confirma que la secuencia actual de operaciones presenta un cuello de botella significativo, que limita la reducción de los tiempos de respuesta y afecta la disponibilidad de herramientas para el cliente. Por lo tanto, su optimización resulta prioritaria para mejorar la eficiencia operativa, incrementar la disponibilidad de recursos y reducir los plazos de entrega sin comprometer la calidad del servicio.

#### *Propuesta de mejora.*

A partir de los resultados anteriores, se desarrolló una propuesta de mejora basada en la reorganización de actividades críticas y la atención inmediata al mantenimiento de las herramientas al momento de su retorno. Las actividades internas de la empresa se podrían reorganizar a como se indican en la Tabla 3.

Al aplicar nuevamente el análisis PERT a este esquema optimizado (Figura 2), se identificaron tres rutas principales (Tabla 4), de las cuales la de mayor duración alcanzó 8.39 horas (ruta 2), lo que representa una reducción aproximada del 10% en el tiempo de respuesta.

Tabla 3. Datos por el método PERT para la propuesta de mejora (Tiempo optimista, probable, pesimista y esperado, en horas)

Clave	Actividad	Predecesora	Tiempo esperado ( $T_e$ )
A	Inicio: Retorno de herramienta a base	N/A	0
B	Descarga de la herramienta	A	0.25
C	Lavado de la herramienta	B	0.54
D	Envío de la herramienta a inspección	C	2.33
E	Acondicionamiento de la herramienta	D, G	1.36
F	Envío de la herramienta a reparación	D	2.33
G	Envío de la herramienta a inspección	F	1.25
H	Dimensionamiento y elaboración de ficha técnica	E	0.33
I	Área de acomodo	B	0.25
J	Mantenimiento menor	I	0.5
K	Acomodo de herramientas listas en su lugar asignado	H, j	

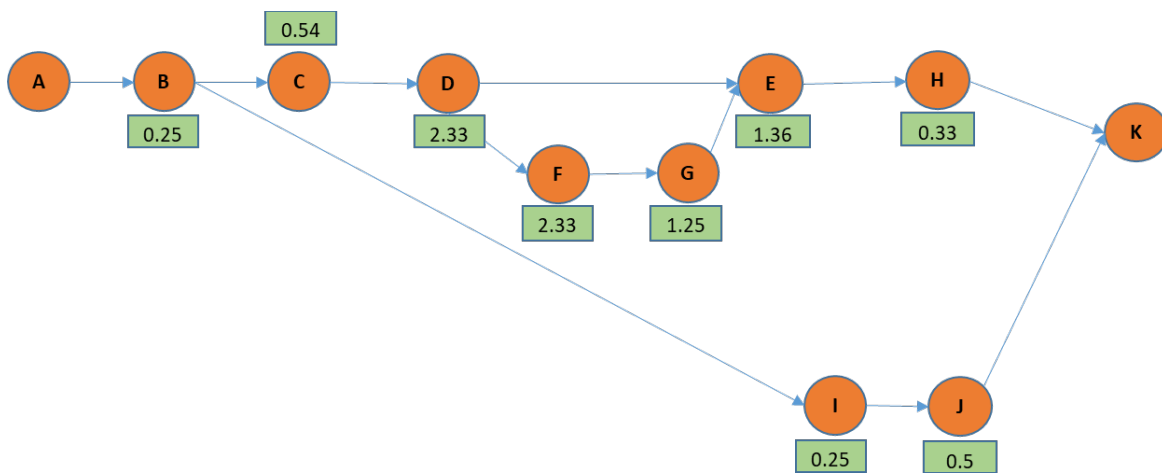


Figura 2. Diagrama PERT de la propuesta de mejora en el proceso operativo

Si bien la ruta 2 (Tabla 4) no incluye el proceso de confirmación y entrega al cliente, es decir, cuando el cliente se comunica para consultar la disponibilidad (inicio, tiempo = 0 horas), ni la búsqueda de la herramienta (tiempo = 0.17 horas), ni la notificación y entrega al cliente (tiempo = 0.25 horas), el incluir esta ruta crítica fuera del proceso de atención al cliente (tiempo = 0.42 horas), y generar una base de datos actualizada de la herramienta lista para entrega al cliente, provocaría que en solo tres pasos y en cuestión de minutos se le confirme al cliente la disponibilidad de la herramienta, ahorrando también costos asociados a la mano de obra. Esto contribuye también a ofrecer un mejor servicio y poder cubrir las necesidades en menor tiempo de más clientes, generando también una mayor ganancia económica para la empresa. Estos resultados muestran el impacto en la capacidad de respuesta y que la gestión de recursos es relevante para la empresa, ya que reduce tiempos improductivos y sobrecostos por mantenimiento urgente.

Tabla 4. Trayectorias de ejecución para el proceso propuesto

Ruta	Trayectoria	Tiempo de ejecución (h)
1	A,B,C,D,E,H,K	4.81
2	A,B,C,D,F,G,E,H,K	8.39 (RC)
3	A,B,I,J,K	1

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Montenegro *et al.* (2024) y Alcívar *et al.* (2023), quienes demostraron que la aplicación de PERT en entornos industriales contribuye significativamente a reducir tiempos de ciclo y mejorar

la utilización de recursos. Asimismo, Vega y Herrera (2022) destacan que la gestión proactiva de actividades críticas genera ahorros operativos y una mayor sostenibilidad en procesos logísticos y de servicios. En este caso, la reducción de mantenimientos en modalidad urgente también implica un ahorro estimado de 700 USD por evento, lo que refuerza el impacto económico positivo del rediseño propuesto. En términos de sostenibilidad, la disminución en los tiempos de ciclo contribuye al uso eficiente de recursos humanos, energéticos y logísticos, alineándose con las estrategias de mejora continua y competitividad en el sector petrolero. De esta forma, el análisis PERT no solo se confirma como una herramienta técnica para la planificación, sino como un elemento estratégico para impulsar la eficiencia y la rentabilidad con enfoque sustentable. Como siguiente etapa del proyecto y trabajo a futuro, solo si la empresa nos lo permite, se planea realizar un análisis de la reducción exacta de gastos por mantenimientos urgentes y la implementación del inventario, así como también determinar cuál es el potencial económico de la empresa si aumenta sus tiempos de respuesta y ofrece más servicios de renta de herramientas.

## Conclusiones

El análisis del proceso operativo actual permitió identificar que la Ruta 6 constituye la ruta crítica, con una duración aproximada de 9.45 horas, lo que evidencia la existencia de cuellos de botella que limitan la eficiencia y aumentan los costos operativos. Este hallazgo confirmó la necesidad de optimizar el flujo de trabajo para garantizar una atención más ágil y confiable al cliente. La implementación de la propuesta de mejora, basada en la reorganización de actividades críticas y la atención inmediata al mantenimiento de herramientas, permitió reducir el tiempo total del proceso en aproximadamente un 10 %, además de consolidar la atención al cliente en un tiempo estimado de 0.42 horas. Estas mejoras contribuyen a disminuir costos asociados a mantenimientos urgentes, optimizar recursos humanos y energéticos, y fortalecer la competitividad del servicio.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la reducción en los tiempos de ciclo y en el uso de recursos logísticos refuerza la eficiencia operativa y el aprovechamiento responsable de los medios disponibles, alineándose con estrategias de mejora continua en la industria petrolera. Como trabajo futuro, se plantea evaluar el impacto económico total derivado de la disminución de sobrecostos y proyectar el incremento en la capacidad de atención de la empresa mediante la implementación de un inventario en tiempo real.

**Agradecimientos y financiamiento:** Este proyecto no recibió financiamiento. Agradecemos a la empresa de servicios petroleros que nos permitió sus datos y procedimientos para el desarrollo de este trabajo. También agradecemos a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo otorgado.

## Bibliografía

- Alcívar, J. A. C., Chávez, E. J. Q., & Pincay, G. M. I. (2023). Aplicación del método PERT para optimización de procesos en la industria petrolera. *Revista Ingenio Global*, 3(2), 130–145.
- Capri, C. B. (1975). *Apuntes de ruta crítica para Construcción III*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/handle/132.248.52.100/13328>
- Enrique-Arguello, E., Villagrán-Cáceres, W. J., Buenaño-Moyano, L. F., Altamirano-Balseca, M., & Cruz-Siguenza, E. L. (2018). Modelación matemática para la estimación del tiempo de la ruta crítica de un proyecto utilizando el método PERT. *Polo del Conocimiento*, 3(11), 176. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i11.786>
- Gallo Pilapanta, D. S. (2015). *Levantamiento y optimización de procesos para la implementación de un sistema ERP enfocado a la gestión de proyectos y medición de la productividad de una empresa de servicios petroleros* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.
- Jiménez Trejo, J. (2005). *Novedoso procedimiento de ruta crítica enfocado a la construcción*.
- Llanos Encalada, M., Bell Heredia, R. E., & Correa Vaca, A. M. (2023). Visibilidad regional de prácticas de economía circular en publicaciones científicas de alto impacto. *Universidad y Sociedad*, 15(6), 185–195.
- López Paredes, J. P., Montesdeoca Looor, R., Valdivieso Álvarez, K. A., & Sornoza Parrales, D. (2025). Planificación presupuestaria y mantenimiento de obras: desafíos y estrategias. *INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 8(15), 1–11. <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0238>
- Montenegro, A. M. M., González, J. A. D., & González, J. T. (2024). Optimización de operaciones en distribuidora mediante PERT/CPM para determinar actividades críticas. *Tecnociencia*, 26(1), 151–164. <https://doi.org/10.48204/i.tecn.v26n1.a4656>
- Pincay, G. M. I., Chávez, E. J. Q., Alcívar, J. A. C., & Calle, V. A. L. (2025). Gestión de riesgos en planificación de obras civiles: mitigación de retrasos y sobrecostos en construcción, un análisis textual discursivo. *Revista Ingenio Global*, 4(1), 160–174. <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.203>
- Poggioli, P. (s. f.). *Aplicación práctica del método PERT*. Reverté.
- Vega, J., & Herrera, P. (2022). Optimización de la cadena de suministro mediante PERT y CPM. *Revista de Ingeniería Industrial*, 10(1), 45–56.