

Influencia de la ingeniería en la optimización del rendimiento de maquinarias pesadas en Bagua 2022

Influence of engineering on the optimization of the performance of heavy machinery in Bagua 2022

Influência da engenharia na otimização do desempenho de máquinas pesadas em Bagua 2022

Papa Pio Ascona García¹ 

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i1.140>

RESUMEN

Los principales problemas de maquinarias pesadas es la inoperatividad, deficiente cálculo teórico de producción, escaso utilización de tecnologías para la producción económica e incompleta capacitación, estas causan afectan negativamente a la optimización y rendimiento de maquinarias pesadas en Bagua 2022. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue comparar la influencia de cuatro dimensiones: operatividad, Cálculo Teórico, Producción Económica y capacitación (variable independiente X) con la variable rendimiento (Variable dependiente Y). La metodología comprende el método científico, inductivo, diseño no experimental, tipo aplicada, nivel correlativo, enfoque cuantitativo la población fue de 200 servidores públicos, muestreo probabilístico aleatorio, la recolección de datos fue del INEI, y a través de encuestas validadas por expertos. El análisis estadístico se realizó a través de una estadística descriptiva para generar gráficos simples. Los resultados indican que existe correlación negativa entre la Operatividad y el Rendimiento, Producción económica-Tecnología y Rendimiento. La ingeniería y la comparación de dimensiones como calculo, producción, capacitación influyen significativamente en el rendimiento óptimo de maquinarias pesadas, mientras la operatividad no influye significativamente.

Palabras clave: Rendimiento, maquinaria, obras.

ABSTRACT

The main problems of heavy machinery are inoperability, poor theoretical calculation of production, poor use of technologies for economic production and incomplete training, which negatively affect the optimization and performance of heavy machinery in Bagua 2022. In this sense, the objective of this research was to compare the influence of four dimensions: operability, theoretical calculation, economic production and training (independent variable X) with the performance variable (dependent variable Y). The methodology comprises the scientific method, inductive, non-experimental design, applied type, correlative level, quantitative approach, the population was 200 public servants, random probabilistic sampling, data collection was from INEI, and through surveys validated by experts. The statistical analysis was performed through descriptive statistics to generate simple graphs. The results indicate that there is a negative correlation between Operativity and Performance, Economic Production-Technology and Performance. Engineering and the comparison of dimensions such as calculation, production, and training have a significant influence on the optimal performance of heavy machinery, while operability does not have a significant influence.

Keywords: Performance, machinery, works.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, Perú: pascona@unibagua.edu.pe

RESUMO

Os principais problemas da maquinaria pesada são a inoperacionalidade, o mau cálculo teórico da produção, a má utilização das tecnologias para a produção económica e a formação incompleta, causas que afectam negativamente a otimização e o desempenho da maquinaria pesada em Bagua 2022. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi comparar a influência de quatro dimensões: operacionalidade, cálculo teórico, produção económica e formação (variável independente X) com a variável desempenho (variável dependente Y). A metodologia compreende o método científico, indutivo, delineamento não experimental, tipo aplicado, nível correlacional, abordagem quantitativa, a população foi de 200 servidores públicos, amostragem probabilística aleatória, a coleta de dados foi junto ao INEI, e através de inquéritos validados por especialistas. A análise estatística foi efectuada através de estatística descritiva para gerar gráficos simples. Os resultados indicam que existe uma correlação negativa entre Operatividade e Desempenho, Produção Económica-Tecnologia e Desempenho. A engenharia e a comparação de dimensões como o cálculo, a produção e a formação influenciam significativamente o desempenho ótimo das máquinas pesadas, enquanto a operacionalidade não tem influência significativa.

Palavras-chave: Desempenho, Máquinas, Obras.

INTRODUCCIÓN

Entre los años 1856 – 1915 Federico Winslow Taylor, estudió el factor humano y concluyó que las áreas en que se desempeña el hombre es, la operativa y organizacional, debiendo realizar la asignación de tareas, para producir, incentivar, mejorar, resolver conflictos científicamente, de allí parte la ingeniería como el arte de hacer un producto con conocimientos científicos amplios y precisos, es por ello que en la actualidad la ingeniería ha ingresado a la robotización de procesos como la industria 4.0 (Pérez Alcalá, 2018).

El ser humano, haciendo uso de recursos, medios tecnológicos y materiales, construye bienes para mejorar la calidad de vida del hombre. En ese sentido, la tecnología es un “conjunto de teorías y habilidades que permiten aprovechar de forma práctica el conocimiento científico, estos facilitan resolver los problemas de la sociedad hasta lograr satisfacerlas concretamente” (RAE, 2022). Una de las habilidades para la producción económica de maquinarias es el uso de tecnología a la interconexión en red de todos los objetos cotidianos, que a menudo están equipados con algún tipo de inteligencia, esto permite el intercambio de bienes y servicios de manera remota” (Salazar & Silvestre, 2019, pág. 51). Los Robots es un maquina electrónico programable capaz de sujetar, trasladar y ubicar objetos que realiza diversas operaciones. Sin duda, si no están operativos las maquinarias pesadas no habrá ninguna producción física y económica. Kezherashvili (2021) menciona que las organizaciones en su afán de implementar el “auto servicio bajo demanda; permitir el acceso desde la red (pública, privada, híbrida, comunitaria); asignación de recursos en modo multiusuario; capacidad de rápido crecimiento; servicio medido; elasticidad y escalabilidad; seguridad” (p.11).

Por su parte Solís et al. (2019) mencionan que “es importante que la empresa constructora haga acopio

de los datos que se generen durante la ejecución del proyecto sobre los rendimientos, los costos y las condiciones de uso de la maquinaria para que, puestos en contexto, generen conocimientos aprovechables” (p.01). Horizonte (2017) menciona que la gestión “el mantenimiento de las maquinarias pesadas, se apoyan en una plataforma que les permite garantizar su funcionamiento y alargar su vida útil en base a un trabajo como correctivos, programados, preventivo y predictivos” (p.24).

Las empresas dedicadas a la tercerización del servicio de maquinarias, requieren competencias específicas, técnicos entrenados y un equipo en adecuadas condiciones para asegurar una alianza estratégica con sus clientes. Un factor clave del éxito de este tipo de empresas será la consolidación de la disponibilidad de sus maquinarias y la calidad de sus equipos, lo cual garantice el cumplimiento de los plazos y operatividad en las instalaciones de los clientes (Mayorca Alvarado, 2019, pág. 140).

El rendimiento de la maquinaria está asociada al tipo de trabajo en obra, es decir, “la fiabilidad se mide como el rendimiento en términos de calidad, tiempo y velocidad de reacción, siendo el rendimiento de calidad la más importante y se mide como el % producto de calidad dividido por total de producción” (Mayorca Alvarado, 2019, pág. 37).

Arroyo et al. (2018) refieren que el cálculo de rendimiento de cualquier maquinaria en los trabajos de movimiento de suelos, representa el volumen del material producido, transportado, tendido o compactado, durante un lapso de tiempo, sin embargo, para realizar en obra la medición de rendimiento de dichos equipos, se utiliza fórmulas y factores que afectan la producción con el fin de obtener resultados de rendimientos de cada uno de los equipos. De esta manera se obtiene el equipo optimo y adecuado para efectuar una cierta actividad de trabajo y esto trae consigo una disminución de costos. La OCDE “el Perú viene impulsando el proceso de

transformación digital en las entidades de la Administración Pública orientado a plasmar un Gobierno Digital que genere valor público y mejore la atención a los ciudadanos” (SGD, 2018) pero ello no es suficiente porque no lleva con la inducción total a lugares alejados como Amazonas y otros departamentos.

Como el problema empírico es la improductividad de las maquinarias de construcción y agrícolas, administradas por el gobierno local son por dos razones: en primer lugar, los servicios prestados a las comunidades nativas con maquinarias pesadas es muy deficiente, porque el trabajo que realizan las maquinarias no son a diarios, sino pocas veces o cuando hay obras civiles y construcción, en segundo lugar, esas maquinarias tienen una vida útil limitada, lo cual no es considerado técnicamente para su renovación continua, siendo generalmente obsoletos o discontinuos, a estos dos realidades se adicionan el uso deficiente de las tecnologías.

En Perú uno de los objetivos es “elevar la calidad de servicios básicos e incrementar el alcance de los servicios públicos de infraestructura con impacto en la competitividad y productividad, para ello se debe plantear un trabajo articulado y proveer la planificación y priorización eficiente de los recursos públicos” es decir, utilizar la tecnología como apoyo para las actividades sociales, económicas, políticas y cultural pero no siendo una prioridad funcional y de servicio para la sociedad (CNCF, 2019).

Con base en lo mencionado, el objetivo de esta investigación fue comparar la operatividad estadístico y real de maquinarias, los cálculos teóricos y real del rendimiento de maquinarias, el uso de tecnologías para la producción económica de las maquinarias, la capacitación estadístico y real en maquinarias que influyen en el rendimiento de maquinarias pesadas en Bagua 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado se ubica en el distrito de Bagua, provincia Bagua, región Amazonas, Perú. El periodo de ejecución fue desde de abril a noviembre de 2022. La investigación es de tipo deductivo, según su finalidad es de tipo aplicada, según el nivel de alcance correlacional porque se compara datos estadísticos y datos recolectados, según su enfoque de datos empleados es cuantitativo según su diseño es no experimental, y según su método inferencial es inductivo porque parten de una observación y luego se generaliza, y según se temporalidad o fuente es longitudinal y documental. La población fue de 200 servidores públicos de la municipalidad distrital de Bagua el muestreo fue probabilístico porque la selección de los individuos se hizo al azar, la muestra 132 servidores públicos; la técnica de recolección de datos es la observación de datos y reportes estadísticos; el instrumento de recolección fue el cuestionario validado por expertos con 22 preguntas, con alternativas cerradas. La técnica de análisis de resultados es Estadística descriptiva y análisis de correlación entre variables, el análisis se desarrolló con el software SPSS, (Quezada Lucio, 2010, págs. 26-28; Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010; Hurtado de Barrera, 2012, pág. 139). Para el cálculo teórico de rendimiento de los diferentes tipos de maquinarias se consideró las fórmulas expresadas en la Tabla 1.

RESULTADOS

Tabla 2, se muestra las características del tipo de maquinarias que contaba el municipio de Bagua, entre ellos resalta la retroexcavadora, rodillo vibratorio, cama baja, cargador frontal, motoniveladora, volquete, tractor uruga, recolector compactador, tractor agrícola y otras máquinas livianas de construcción.

Tabla 1. Fórmulas para el cálculo de rendimiento de maquinarias

Maquinaria	Formula	Especificación
Cargadores	$R = \frac{60 * Q * K * E}{T * F}$	R= rendimiento (m ³ /hora), Q= capacidad nominal del cucharón, K= factor de llenado del cucharón, E = factor de rendimiento de trabajo, T = tiempo de ciclo de trabajo (minutos), F = factor de abundamiento del suelo.
Excavadoras	$R = \frac{360 * Q * K * E}{T * F}$	R= rendimiento (m ³ /hora), Q= capacidad nominal del cucharón, K= factor de llenado del cucharón, E = factor de rendimiento de trabajo, T = tiempo de ciclo de trabajo (minutos), F = factor de abundamiento del suelo.
Motoniveladoras	$R = \frac{D * N}{V * E}$	D = distancia recorrida en cada pasada, N = número de pasadas que se requiere, V = velocidad de operación (km/hr),
Compactadoras	$R = \frac{A * V * e * C * 10}{N}$	A = ancho compactado por la maquina en m, V = velocidad en km/hr, e = espesor de la capa a compactar en cms, C = coeficiente de reducción (0.6-0.8)
Camión volquete	$R = \frac{Q * E * (60)}{Cm * F}$	Q = Capacidad m ³ , F = Factor de esponjamiento, E = Factor de Eficiencia, Cm = Ciclo de trabajo.
Tractor agrícola	$Rt = \frac{Pin*100}{Pid}, Rtf = \frac{Pb*100}{Pid}$ $Rm = \frac{Pb*100}{Pin}, Rv = \frac{Mr}{Mt}$	Rendimiento de motor Rendimiento térmico (Rt) Rendimiento térmico al freno (Rtf) Rendimiento mecánico (Rm) Rendimiento volumétrico (Rv)

Tabla 2. Maquinarias pesadas y agrícolas de la comuna de Bagua

Maquinaria	Marca	Modelo	Año	Estado
Cargador frontal	John Deere	624K	2020	operativo
Tractor oruga	CAT		1998	Inoperativo
Retroexcavadora	Newholland	B110B	2011	operativo
Motoniveladora	Newholland	RG1708	2011	operativo
Motoniveladora	Komatsu	GD511A-1	2009	operativo
Rodillo liso Vibratorio	Dynapac	CA250D	2011	operativo
Volquete	Volkswagen	Worker 31-310	2008	operativo
Volquete	Volkswagen	Worker 31-311	2008	operativo
Cama baja	Camc	hn125	2000	operativo
Tractor agrícola	RH		1998	Inoperativo

Nota: se observa que algunas maquinarias ya cumplieron su vida útil

La municipalidad de Bagua cuenta con maquinarias pesadas para obras civiles y construcción como: retroexcavadora, rodillo vibratorio, cama baja, cargador frontal, motoniveladora, volquete, tractor uruga en estado operativo, pero no necesariamente están produciendo a diario (Figura 1a).

Figura 1b, se observa que el cálculo teórico se encuentra por encima del rendimiento, pero según el marco teórico debería ser semejantes estas tendencias de frecuencias, sin duda esto no afecta los tipos de maquinarias de obras civiles como cargador frontal, compactador, tractor oruga, volquete, retroexcavadora, cama baja, rodillo vibratorio.

La figura 1b, representa la variable independiente (x) y la producción económica (X3,) el cual influye a la optimización del rendimiento de maquinarias pesadas (Y). Es decir, que la comuna de Bagua recaudaba (producción económica utilizando el TIC) a través de sus maquinarias pesadas para obras civiles y construcción como: retroexcavadora, rodillo vibratorio, cama baja, cargador frontal, motoniveladora, volquete, tractor uruga, muy inferior a lo establecido normalmente.

Figura 1c, se evidencia que la comuna realiza muy pocas capacitaciones en el tema de máquinas, ello complica la administración del rendimiento de las máquinas pesadas. Esto se confirma con la figura 1d de amebas de las maquinarias pesadas de obras civiles y de construcción estaban muy dispersos, es decir, no ha sido una curva estándar la que representa la variable dependiente (Y).

Tabla 3, se evidencia la correlación de las variables dependientes e independientes, donde se evidencia una correlación positiva entre la operatividad y capacitación. Así mismo, está muy relacionada entre la dimensión capacitación y producción.

DISCUSIÓN

Los datos estadísticos de (INEI, 2020) y el registro de municipalidades establecen que la comuna cuenta con

maquinarias operativas en un 35 porcentual promedio de maquinarias pesadas. También datos recabados de los servidores de la comuna, (Comuna Provincial, 2022) refieren que las maquinarias pesadas utilizados en la ejecución de obras civiles y de construcción están operativas en un 89%, pero es cuestionable estos datos porque las maquinarias pesadas son muy antiguos en su mayoría, es decir, a la fecha ya cumplió su vida útil. De modo que la operatividad influye negativamente en el rendimiento de las maquinarias como menciona Mayorca (2019) los cálculos teóricos de rendimiento de las maquinarias pesadas utilizados en la ejecución de obras civil y construcción es casi ideal en el sector público, donde las horas de trabajo debería ser 8 horas al día y 210 horas mensuales, sin embargo, el promedio de trabajo del día en cuanto a la maquinaria volquete es 5.23 m³/horas al día y 136 m³/ horas mensuales, esto implica que el trabajo efectivo de las maquinarias pesadas es menor de lo que debería ser, siendo casi el mismo porcentaje para el resto de maquinarias pesadas.

Ello es coherente con lo que mencionaban Miranda & Torres (2018) que “en los últimos años el sector de la construcción ha incrementado las ventas y alquiler de maquinaria pesada como excavadoras, tractores orugas, motoniveladoras, rodillos compactadores y cargadores frontales”.

Los datos estadísticos muestran que la comuna de Bagua de la región de Amazonas tiene bajo Producción económica o precarias recaudación de ingresos de maquinarias en el rubro de alquiler, pestano, convenios interinstitucional, esto puede deberse a varias causas como el poco acceso a internet, deficiente uso de las tecnologías, deficiente depreciación técnico, carencia de obras por administración directa, es decir, la producción económica en el año 2022 la comuna recauda por concepto de maquinarias solo el 2.14% de ocho horas promedio.

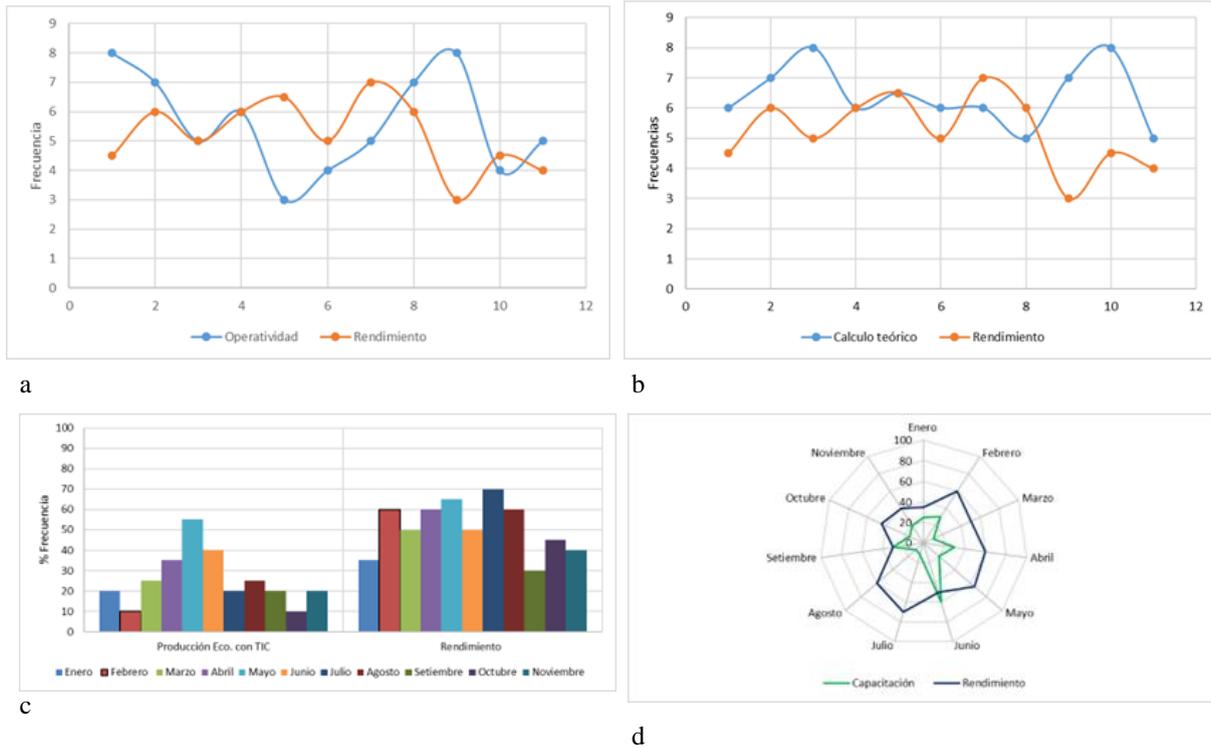


Figura 1. Operatividad (X1) vs rendimiento de maquinarias pesada (Y). Fuente: información de Registro Nacional de Municipalidades 2021 (a); Figura 2. Cálculo teórico (X2) vs rendimiento de maquinaria pesadas (Y) (b); Figura 3 Producción económica (X3) con TIC vs rendimiento de maquinarias (Y) (c); Figura 4 Capacitación (X4) Vs rendimiento de maquinarias pesadas (Y) (d).

Tabla 3. Correlación Pearson

	Operatividad	Cálculo teórico	Producción	Capacitación	Rendimiento (Y)
Operatividad	1	-.166	.033	.156	-.328
Cálculo teórico	-.166	1	-.363	-.090	-.187
Producción	.033	-.363	1	.385	-.029
Capacitación	.156	-.090	.385	1	-.264
Rendimiento (Y)	-.328	-.187	-.029	-.264	1

Calcina & Hidalgo, (2015) encontró que la conectividad en el río Napu de Amazonas es solo 10%. Esta tendencia defiere negativamente a la optimización del rendimiento de maquinarias, como menciona la Norma técnica (MVCS, 2018). Es decir, que los ingresos corrientes por concepto de ventas de bienes, servicios y derechos administrativos es frágil en la comuna de Bagua.

Los datos del Ministerio de Agricultura y Riego, Agencia Agraria, Gobierno Regional e Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 – 2018 (INEL, 2020) revelan que la comuna ha realizado capacitaciones a los acuicultores al menos en una ocasión, pero en maquinarias pesadas no precisa. Mientras que con la aplicación de la encuesta a los servidores de la comuna refieren que la capacitación es muy poco en operación, mantenimiento, seguridad en el trabajo y otros son muy deficientes que solo una vez se orienta o durante el mes por temas distintos y casi nada en temas de maquinarias, de modo que las capacitaciones son muy importantes para el cumplir los objetivos estratégicos y planes de la organización (Cota Luévano, 2017).

De la operatividad versus rendimiento de maquinarias pesadas se evidenció que la operatividad influye negativamente en el rendimiento óptimo contrastado con una correlación débil (-0,34), es decir, cuando las maquinarias se encuentran inoperativos ya sea por falta de mantenimiento programado o por antigüedad, entonces su rendimiento no es óptimo.

CONCLUSIONES

La producción económica es insuficiente para la operatividad de las máquinas de modo que influyen significativamente en el rendimiento óptimo.

La capacitación a los servidores públicos en temas de maquinarias es insuficiente de modo que influyen negativamente en el rendimiento óptimo, mientras que, la programación de capacitaciones debe ser

planificado estratégicamente y de manera continua, no solamente para los operadores de maquina sino de manera sistémica dentro de la organización según su organigrama.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo Orozco, J. J., Alvarado Peralta, J. N., & Alarcon Segura, P. S. (2018). Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras. *Journal of Science and Research*, 00-10.
- Ascona Garcia, P. (2017). Reingenieria para el proceso de inventario. UNCP. Huancayo: UNCP.
- Baena Paz, G. (2017). Metodología de la investigación (Tercera ed.). Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Calcina, L., & Hidalgo, B. (2015). Conectividad y accesos a las TIC en la Amazonia rural peruana: río Napu. Lima: Instituto de Investigacion de la Amazonia Peruana.
- CNCF, C. (11 de Mayo de 2019). Plan de Competitividad y Productividad. Obtenido de El Peru Primero: https://www.mef.gob.pe/concdecompetitividad/Plan_Nacional_de_Competitividad_y_Productividad_PNCP.pdf
- Comuna Provincial, B. (2022). Area de maquinarias (maestranza). Bagua: munibagua.
- Cota Luévano, J. A. (2017). La capacitación como herramienta efectiva para mejorar el desempeño de los empleados. *Técnica Administrativa, Ciencia*, XVI, 00-05. Obtenido de www.cyta.com.ar/ta1602/v16n2a3.htm
- Herbas Torrico, B. C., & Rocha Gonzales, E. A. (2018). Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. *Perspectivas*(42), 00-15. Obtenido de

- http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&nrm=iso
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la Investigación. Mexico: McGRAW-HILL.
- Horizonte, M. (2017). Maquinarias Pesadas. Revista Internacional de Minería y Energía, 00-06.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). Metodología de la investigación (Cuarta ed.). Bogota Caracas: Guirón Edicione.
- INEI, I. N. (11 de Diciembre de 2020). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sector-statistics/>
- Kezherashvili, B. (2021). Computación en la Nube. Alemania: Universidad de Almería.
- Mayorca Alvarado, R. J. (2019). Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625619/MAYORCA_A.R..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda Roque, P. H., & Torres Zevallos, R. O. (2018). Manufacturing en una empresa de renta de maquinaria para construcción y minería. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- MVCS, M. d. (22 de Marzo de 2018). Obtenido de Resolución Directoral N° 035-2010/VIVIENDA/VMCS-DNC: <https://www.gob.pe/vivienda>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación (Quinta ed.). Bogota-Mexico: Ediciones de la U.
- Pérez Alcalá, G. (8 de Mayo de 2018). El futuro de los ingenieros. Ingeniería industrial, 00-04. Obtenido de <http://www.revistaingenieriaindustrial.com/2018/05/08/el-futuro-de-los-ingenieros/>
- Quezada Lucio, N. (2010). Metodología de la investigación (Primera ed.). Lima: Macro EIRL.
- RAE. (2022). Diccionario de la Real Academia. España: Diccionario de la Real Academia.
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2019). Internet de las Cosas. España: TechPedia.
- SGD, S. (03 de 11 de 2018). Lineamientos para la formulación del Plan de Gobierno Digital. Lineamientos para la formulación del Plan de Gobierno Digital. Lima, Lima, Peru: Subsecretaría de Transformación Digital. Obtenido de https://www.peru.gob.pe/normas/docs/anexo_i_lineamientos_pgd.pdf
- Solís Carcaño, R., Zaragoza Grifé, N., & González Fajardo, A. (31 de mayo de 2019). Gestión de las maquinarias de construcción. Ingeniería, 00-25. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/>