

Modelo estadístico para la predicción del desempeño de la calidad en obras civiles mediante factores de control

A Statistical Model for Predicting Quality Performance in Civil Engineering Projects Using Control Factors

RESUMEN

La calidad de las obras civiles determina su seguridad, durabilidad y funcionalidad; sin embargo, su control continúa siendo reactivo y subjetivo, lo que genera defectos, retrabajos, sobrecostos y retrasos, problemática acentuada en Manabí, Ecuador, por la débil supervisión técnica. El objetivo general fue desarrollar un modelo estadístico de regresión lineal múltiple que permita predecir el desempeño de la calidad en obras civiles de la provincia de Manabí, Ecuador, a partir de cinco factores de control, con base en la percepción de los profesionales vinculados con la ejecución y fiscalización de obras. Se empleó un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, transversal y de alcance correlacional-predictivo. Se aplicó un cuestionario tipo Likert a una muestra intencional de 100 profesionales y los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, alfa de Cronbach, omega de McDonald, correlación de Pearson y regresión lineal múltiple. Las escalas presentaron alta confiabilidad (α y ω entre .89 y .94). El modelo resultó significativo, $F(5, 94) = 13.90$, $p < .001$, y explicó el 42.5 % de la varianza del desempeño de la calidad ($R^2 = .425$). La supervisión ($\beta = .402$; $p < .001$) y el cumplimiento de las especificaciones técnicas ($\beta = .207$; $p = .014$) fueron los únicos predictores significativos, y se cumplieron los supuestos del modelo. Se concluye que la calidad de las obras es un atributo gestionable y anticipable, cuya mejora depende principalmente del fortalecimiento de la supervisión técnica y de la correspondencia entre lo diseñado y lo ejecutado.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería civil; control de calidad; materiales de construcción; análisis de regresión; normalización.

ABSTRACT

The quality of civil works determines their safety, durability, and functionality; however, their control remains reactive and subjective, leading to defects, rework, cost overruns, and delays, a problem exacerbated in Manabí, Ecuador, due to weak technical supervision. The general objective was to develop a statistical model of multiple linear regression that allows predicting the quality performance in civil works in the province of Manabí, Ecuador, based on five control factors, according to the perception of professionals involved in the execution and supervision of works. A quantitative approach was employed, with a non-experimental, cross-sectional design and a correlational-predictive scope. A Likert-type questionnaire was administered to a purposive sample of 100 professionals, and the data were analyzed using descriptive statistics, Cronbach's alpha, McDonald's omega, Pearson correlation, and multiple linear regression. The scales showed high reliability (α and ω between .89 and .94). The model was significant, $F(5, 94) = 13.90$, $p < .001$, and explained 42.5% of the variance in quality performance ($R^2 = .425$). Supervision ($\beta = .402$; $p < .001$) and compliance with technical specifications ($\beta = .207$; $p = .014$) were the only significant predictors, and the model assumptions were met. It is concluded that the quality of the works is a manageable and foreseeable attribute, whose improvement mainly depends on strengthening technical supervision and ensuring the correspondence between what is designed and what is executed.

KEYWORDS: Civil engineering; quality control; construction materials; regression analysis; standardization

TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y CONOCIMIENTO

Recepción: 18/09/2026

Aceptación: 21/09/2026

Publicación: 31/12/2026

AUTOR/ES

 **Baque Gómez Joselyn Azucena**

 **Matute Cedeño Víctor Hugo**

 **Taco Lambert Mario Patricio**

 **Sornoza-Parrales Diego**

 **Lino Calle Víctor Alejandro**

 **Almeida Giler José Reinaldo**

 baque-joselyn4714@unesum.edu.ec

 matute-victor1297@unesum.edu.ec

 taco-mario2046@unesum.edu.ec

 diego.sornoza@unesum.edu.ec

 victor.lino@unesum.edu.ec

 almeida-jose5908@unesum.edu.ec

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Universidad Estatal del Sur de Manabí.

 Jipijapa – Ecuador

 Jipijapa – Ecuador

 Jipijapa – Ecuador

 Jipijapa – Ecuador

 Jipijapa – Ecuador

CITACIÓN:

Baque, J., Matute, V., Taco, M., Sornoza, D., Lino, V. & Almeida, J. (2026). Modelo estadístico para la predicción del desempeño de la calidad en obras civiles mediante factores de control. Revista InnovaSciT. 4 (2), p. 1071 – 1087.

INTRODUCCIÓN

La calidad de las obras civiles constituye un atributo determinante de su seguridad, durabilidad y funcionalidad a lo largo del ciclo de vida, por lo que su gestión incide directamente en el desempeño técnico, económico y social de la infraestructura. No obstante, en la práctica constructiva el control de calidad continúa ejecutándose, en gran medida, bajo un enfoque reactivo, centrado en detectar los defectos una vez ocurridos y sustentado en inspecciones de carácter subjetivo, lo que se traduce en fisuras, filtraciones, retrabajos, sobrecostos y retrasos que persisten incluso en organizaciones que han adoptado sistemas formales de gestión de la calidad, comprometiendo la vida útil de las obras y la confianza de los usuarios (Castro et al., 2026; Lino et al., 2026; Love et al., 2023). Esta situación revela la ausencia de mecanismos que permitan anticipar el comportamiento de la calidad a partir de factores medibles y gestionables durante la ejecución, como el control de los materiales, la inspección de los procesos, el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la supervisión y el tratamiento de las no conformidades (Cedeño et al., 2026).

En el ámbito internacional, la evidencia reciente confirma que las deficiencias de calidad responden a causas recurrentes y susceptibles de control. Gurmu y Mahmood (2024), mediante una revisión sistemática y metaanálisis de 22 estudios en la que identificaron 45 factores críticos, establecieron que la falta de comunicación, de trabajo en equipo y de mano de obra calificada, la supervisión deficiente, los errores y la complejidad del diseño, así como la contratación por el menor precio, son los principales determinantes de la baja calidad en proyectos de edificación.

En la misma línea, Asadi et al. (2023), a partir del análisis de 35 publicaciones, clasificaron las causas de retrabajo según la etapa del proyecto y la parte contractual responsable, y demostraron que estas se concentran en factores de proceso, recursos humanos, materiales y equipos, y aspectos técnicos. Frente a este escenario, Fan (2025), con datos de inspección de 1015 proyectos y 499 categorías de defectos, evidenció que los modelos predictivos basados en datos alcanzan una precisión del 94,1 % en la clasificación de la calidad de las obras, lo que confirma el potencial de los enfoques cuantitativos para transitar de un control correctivo hacia uno preventivo.

En América Latina, la problemática adquiere rasgos estructurales vinculados con la gestión de la obra pública. Romero y Esenarro (2024), al analizar 13 proyectos ejecutados por el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo, en Perú, registraron incrementos de costo entre 8,8 % y 52,2 % sobre el monto contractual, con un promedio cercano al 15 %, y ampliaciones de plazo de hasta 524,2 %; entre los factores explicativos identificaron el seguimiento inadecuado de los proyectos y la falta de claridad de los planos técnicos.

De forma complementaria, la revisión sistemática de 42 estudios desarrollada por Rivera Ynoñan et al. (2026) concluyó que la planificación técnica deficiente, la debilidad de los

mecanismos de supervisión institucional y la adjudicación basada exclusivamente en el menor precio comprometen la calidad estructural de las obras y generan gastos imprevistos durante su ejecución, al punto de que, según los autores, solo en Perú permanecían paralizadas 2256 obras públicas a junio de 2024.

En Ecuador, Saldaña et al. (2025) evaluaron 176 partidas de 30 proyectos de obra civil de la Zona 3 y determinaron que la calidad de las especificaciones técnicas alcanzaba apenas el 39,81 %, deficiencia que asociaron con los sobrecostos y retrasos documentados en la contratación pública. A su vez, Andrade et al. (2024) constataron que la adjudicación de contratos a la oferta de menor valor presenta una correlación muy débil con la calidad final de las estructuras, lo que indica que el precio no garantiza el desempeño esperado.

En el contexto de Manabí, Delgado Castro y García García (2022), mediante el método Delphi aplicado a 20 expertos, reportaron que el 75 % consideró que los procesos constructivos se apartan de los planos estructurales aprobados, el 45 % calificó como inadecuada la supervisión municipal de las construcciones privadas en Manta y el 95 % desconocía la existencia de lineamientos técnicos para dicha supervisión. Estos hallazgos, sumados a la exposición de la provincia a condiciones climáticas costeras y a la amenaza sísmica, evidencian la necesidad de fortalecer el control de calidad desde una perspectiva preventiva y basada en evidencia.

Pese a este cuerpo de evidencia, los estudios revisados se han orientado principalmente a identificar y jerarquizar factores o a describir sus consecuencias, mientras que son escasos los trabajos que cuantifican de manera conjunta el peso relativo de los factores de control sobre el desempeño de la calidad en el contexto ecuatoriano y, en particular, en la provincia de Manabí. En consecuencia, la presente investigación se justifica por la necesidad de superar el carácter reactivo y subjetivo de los sistemas convencionales de control mediante un modelo estadístico que permita estimar qué factores contribuyen en mayor medida a la calidad de las obras. Su utilidad radica en que ofrece a residentes de obra, fiscalizadores, contratistas y entidades contratantes un criterio objetivo para priorizar los recursos de supervisión e inspección, anticipar desviaciones, reducir retrabajos y costos no previstos, y orientar la toma de decisiones durante la ejecución, en concordancia con la tendencia internacional hacia una gestión de proyectos basada en datos (Lino Reyes et al., 2026; Waqar et al., 2023). Asimismo, los resultados aportan evidencia empírica transferible a otros contextos latinoamericanos con características constructivas e institucionales similares.

Sobre la base de lo expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿en qué medida el control de materiales, la inspección de procesos, el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la supervisión y la gestión de no conformidades predicen el desempeño de la calidad en obras civiles de la provincia de Manabí, Ecuador?

Para dar respuesta a esta interrogante, el objetivo general de la investigación es

desarrollar un modelo estadístico de regresión lineal múltiple que permita predecir el desempeño de la calidad en obras civiles de la provincia de Manabí, Ecuador, a partir de cinco factores de control, con base en la percepción de los profesionales vinculados con la ejecución y fiscalización de obras.

La relevancia científica del estudio radica en generar evidencia empírica, estadísticamente contrastada, sobre la relación entre los factores de control y la calidad de las obras civiles en un contexto escasamente investigado. En el plano teórico, aporta un modelo explicativo-predictivo que integra variables controlables de la gestión de la calidad y delimita su contribución relativa. En el plano práctico, proporciona a ingenieros, fiscalizadores y gerentes de proyecto una herramienta objetiva para priorizar los factores de mayor incidencia, anticipar desviaciones y fortalecer una gestión preventiva de la calidad.

MÉTODOS MATERIALES

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, sustentado en el paradigma positivista, debido a que las variables de estudio se midieron numéricamente mediante escalas estandarizadas y se analizaron con procedimientos estadísticos para contrastar hipótesis y estimar un modelo predictivo. Este enfoque permitió representar la calidad de las obras civiles y sus factores de control como constructos observables y cuantificables, garantizando objetividad, replicabilidad y la posibilidad de generalizar los hallazgos a contextos con características similares.

Según su finalidad, el estudio es de tipo aplicado, pues busca generar una herramienta útil para la gestión preventiva de la calidad en la práctica constructiva. Por su alcance es correlacional-predictivo, ya que estima la relación entre los factores de control y el desempeño de la calidad, así como la capacidad de dichos factores para predecirlo. El diseño es no experimental, porque las variables no fueron manipuladas deliberadamente, y transversal, porque los datos se recolectaron en un único momento, entre junio y julio de 2026.

En el nivel teórico se aplicó el método analítico-sintético, que permitió descomponer el desempeño de la calidad en cinco factores de control, a saber, control de materiales, inspección de procesos, cumplimiento de las especificaciones técnicas, supervisión y gestión de no conformidades, para luego integrarlos en un modelo explicativo. Asimismo, se empleó el método inductivo-deductivo, que partió de la revisión de la literatura científica y de la normativa técnica para derivar las dimensiones e indicadores del instrumento y, posteriormente, orientar la interpretación de los hallazgos.

Se utilizó además el método hipotético-deductivo, a partir del cual se formularon cinco hipótesis de investigación (H1 a H5), según las cuales cada factor de control influye significativamente en el desempeño de la calidad de las obras civiles, contrastadas frente a la hipótesis nula $H_0: \beta_i = 0$. De forma complementaria, se aplicó el método de modelación, que permitió representar matemáticamente la relación entre las variables mediante una ecuación

de regresión lineal múltiple, orientada a estimar el aporte relativo de cada factor sobre la calidad de las obras.

Como método empírico se utilizó la encuesta, cuyo instrumento fue un cuestionario estructurado de elaboración propia organizado en dos secciones: la primera recogió el género, los años de experiencia y el cargo de los participantes; la segunda incluyó 24 ítems distribuidos en seis escalas de cuatro ítems, correspondientes a la variable dependiente y a los cinco factores de control, valorados en una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = nulo cumplimiento; 5 = pleno cumplimiento). La puntuación de cada escala se obtuvo como el promedio de sus ítems. La validez de contenido se estableció mediante el juicio de [número] expertos en ingeniería civil.

La población estuvo conformada por profesionales que intervienen en la ejecución, fiscalización y planificación de obras civiles en la provincia de Manabí, como residentes de obra, fiscalizadores, contratistas o delegados de GAD, ingenieros de planificación y jefes de obra. Ante la inexistencia de un registro consolidado, se aplicó un muestreo no probabilístico intencional con los criterios de contar con al menos un año de experiencia en obras de la provincia y aceptar participar voluntariamente. Se definió una muestra de 100 profesionales, superior al mínimo de 90 ($N \geq 50 + 8k$) propuesto por Green (1991) para cinco predictores.

El cuestionario se aplicó en línea previa obtención del consentimiento informado, garantizando el carácter voluntario, anónimo y confidencial de la participación, así como el uso exclusivamente académico de los datos. Las respuestas se depuraron para verificar la ausencia de valores perdidos o inconsistentes antes del análisis. La confiabilidad de las escalas se estimó mediante los coeficientes alfa de Cronbach (α) y omega de McDonald (ω), este último recomendado cuando no se cumple la tau-equivalencia (Hayes & Coutts, 2020), considerándose aceptables valores iguales o superiores a .70.

En cuanto a los métodos estadísticos, el procesamiento se realizó en Jamovi (Lino Calle et al., 2024) y Python, con las librerías pandas, statsmodels, matplotlib y seaborn. En el plano descriptivo se calcularon medidas de tendencia central, dispersión y forma, y se asumió normalidad univariada cuando la asimetría y la curtosis se ubicaron entre -2 y $+2$, apoyándose en curvas de densidad kernel (KDE). En el plano inferencial se estimó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la dirección y magnitud de las asociaciones lineales entre las variables del estudio.

Para estimar el modelo predictivo se aplicó la regresión lineal múltiple por el método de introducción simultánea, expresada como $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon$. El ajuste se evaluó con R^2 , R^2 ajustado y la prueba F, y el aporte de cada predictor con los coeficientes B, β y la prueba t, con un nivel de significancia de .05. Los supuestos se verificaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk (normalidad de los residuos), Breusch-Pagan (homocedasticidad), Durbin-Watson (independencia, entre 1.5 y 2.5) y el factor de inflación de

la varianza ($VIF < 5$), según los criterios de Hair et al. (2019).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las estadísticas descriptivas de las seis variables del modelo, calculadas a partir de una muestra de $N = 100$, se presentan en la Tabla 1. Estas nos permitirán determinar las medidas de tendencia central, dispersión y distribución de las variables control y dependiente y forman la base para evaluar la calidad de los datos y llevar a cabo un modelado estadístico más avanzado.

Tabla 1

Estadísticos Descriptivos de las Variables del Modelo

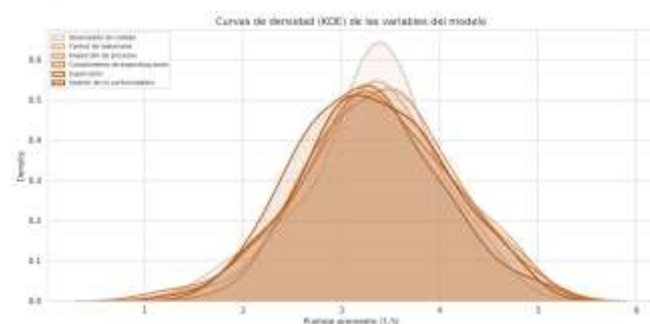
Variable	N	M	Mdn	DE	Varianza	Mín	Máx	As.	Cur.
Desempeño de calidad	100	3.30	3.4	0.68	0.46	1.4	4.8	-0.40	0.07
Control de materiales	100	3.41	3.4	0.72	0.52	1.4	4.8	-0.12	-0.12
Inspección de procesos	100	3.44	3.4	0.68	0.47	1.8	5.0	0.14	-0.47
Cumplimiento de especificaciones	100	3.34	3.4	0.76	0.58	1.2	5.0	-0.16	0.02
Supervisión	100	3.25	3.2	0.69	0.48	1.8	5.0	0.27	-0.23
Gestión de no conformidades	100	3.34	3.2	0.71	0.51	1.4	4.8	-0.08	-0.33

Nota. N = tamaño de muestra; M = media; Mdn = mediana; DE = desviación estándar; As. = asimetría; Cur. = curtosis. *Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante el software Jamovi (2026).*

Las medias de las seis variables oscilaron entre $M = 3.25$ y $M = 3.44$ en una escala de 1 a 5, lo que indica un desempeño moderado. La cercanía entre las medias y las medianas sugiere distribuciones aproximadamente simétricas, y las desviaciones estándar (entre 0.68 y 0.76) reflejan una dispersión moderada y homogénea entre los encuestados. Los coeficientes de asimetría y curtosis próximos a cero respaldan el supuesto de normalidad univariada, lo que permitió incluir las seis variables en el modelo de regresión lineal múltiple. La Figura 1 muestra la distribución de las seis variables mediante curvas de densidad estimadas con el método kernel (KDE).

Figura 1

Distribución de las Variables del Modelo (Curvas de Densidad KDE)



Nota. KDE = estimación de densidad kernel. Elaboración propia a partir de los datos procesados en Jamovi (2026).

Las seis curvas presentaron una distribución unimodal y aproximadamente normal, con modas concentradas entre 3.2 y 3.5. La variable Desempeño de calidad mostró la mayor concentración de datos (densidad máxima ≈ 0.64), mientras que las variables de control presentaron picos ligeramente menores (0.50–0.55) y colas algo más largas. La marcada superposición entre las curvas indica una estructura homogénea entre los factores de control, lo que reduce el riesgo de multicolinealidad y respalda la pertinencia de un modelo de regresión lineal para predecir el desempeño de la calidad.

Los niveles moderados observados en todas las variables sugieren que los factores de control se aplican en las obras de Manabí, aunque sin alcanzar un grado de consolidación que garantice un desempeño de calidad alto. Este comportamiento coincide con lo señalado por Shin y Cha (2023), quienes advierten que la inspección convencional depende de registros en papel y de valoraciones visuales propensas al error humano, lo que limita la detección oportuna de defectos. De igual forma, Brooks et al. (2021) y Figueroa et al., (2026) evidenciaron que los sistemas formales de gestión de la calidad tienden a desconectarse de la operación real en obra, lo que explicaría por qué la existencia de controles no se traduce necesariamente en niveles de calidad sobresalientes.

Características de la Muestra

A continuación, se describe el perfil sociodemográfico y profesional de la muestra (N = 100; Tabla 2).

Tabla 2

Características Sociodemográficas y Profesionales de la Muestra (N = 100)

Categoría	n	%
Género		
Masculino	62	62
Femenino	38	38
Años de experiencia		
1–5 años	25	25
6–10 años	31	31
11–15 años	26	26
Más de 15 años	18	18
Cargo / rol		
Residente de obra	23	23
Fiscalizador	22	22
Contratista / GAD	21	21
Ingeniero de planificación	19	19
Jefe de obra	15	15

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante el software Jamovi (2026).

La muestra estuvo compuesta mayoritariamente por hombres (62 %) frente a un 38 %

de mujeres. En cuanto a la experiencia profesional, el 57 % de los participantes se ubicó en un rango intermedio de 6 a 15 años, mientras que el 25 % contaba con 5 años o menos y el 18 % con más de 15 años, lo que garantiza una cobertura amplia del espectro de trayectoria profesional. Respecto al cargo, la muestra incluyó de forma relativamente equilibrada a residentes de obra (23 %), fiscalizadores (22 %), contratistas o delegados de Gobiernos Autónomos Descentralizados (21 %), ingenieros de planificación (19 %) y jefes de obra (15 %), lo que asegura la representación de distintas perspectivas técnica, administrativa y de planificación en el control de calidad de obras civiles.

La participación femenina del 38 % resulta considerablemente superior a la reportada para la fuerza laboral del sector, lo que se explica porque la muestra estuvo integrada por profesionales técnicos y no por personal operativo. Torres-Nova et al. (2026) reportaron que en Colombia las mujeres representan apenas el 6,6 % de los trabajadores de la construcción y persisten brechas salariales y culturales asociadas con la tradición masculina del sector. En la misma línea, Edirisinghe et al. (2025) identificaron en Australia, Estados Unidos, Reino Unido y Brasil una disminución de mujeres en la formación y permanencia en la construcción, por lo que la diversidad de la muestra constituye un aporte para representar perspectivas distintas sobre el control de calidad.

Confiabilidad de las Escalas

La fiabilidad de los instrumentos se examinó mediante los coeficientes alfa de Cronbach (α) y omega de McDonald (ω), considerando cuatro ítems por escala en formato Likert de cinco puntos (Tabla 3).

Tabla 3

Análisis de Confiabilidad de las Escalas

Escala	N.º ítems	α de Cronbach	ω de McDonald	Interpretación
Desempeño de calidad	4	0.919	0.919	Excelente
Control de materiales	4	0.938	0.939	Excelente
Inspección de procesos	4	0.937	0.938	Excelente
Cumplimiento de especificaciones	4	0.894	0.895	Buena
Supervisión	4	0.930	0.930	Excelente
Gestión de no conformidades	4	0.938	0.938	Excelente

Nota. Rangos de interpretación: $\geq .90$ = excelente; $.80-.89$ = buena; $.70-.79$ = aceptable; $.60-.69$ = cuestionable; $.50-.59$ = pobre; $< .50$ = inaceptable.

Todas las escalas mostraron una consistencia interna satisfactoria a excelente, con valores de α entre .894 y .938 y de ω entre .895 y .939. Control de materiales y Gestión de no conformidades obtuvieron los coeficientes más altos ($\omega = .939$ y .938, respectivamente), mientras que Cumplimiento de especificaciones presentó el valor más bajo, aunque dentro del rango de confiabilidad buena. Estos resultados respaldan la solidez metodológica de los

instrumentos empleados en el análisis correlacional y de regresión.

Los coeficientes obtenidos confirman que las escalas miden de forma consistente los constructos propuestos; sin embargo, valores superiores a .90 deben interpretarse con cautela. Taber (2018) advierte que un alfa muy elevada puede reflejar redundancia entre ítems con contenido similar más que una medición más precisa, por lo que se recomienda revisar su formulación en futuras aplicaciones del instrumento. Por su parte, McNeish (2018) sostiene que el omega de McDonald ofrece una estimación más adecuada cuando las cargas factoriales difieren entre ítems; en este estudio, la coincidencia casi exacta entre α y ω indica que el supuesto de tau-equivalencia es razonable y respalda la estabilidad de las puntuaciones.

Correlación de Pearson entre las Variables del Estudio

Se estimó la matriz de correlación de Pearson entre las seis variables del estudio para evaluar el grado y la dirección de su asociación lineal (Tabla 4).

Tabla 4

Coeficientes de Correlación de Pearson entre las Variables del Estudio

Variable	1	2	3	4	5	6
1. Desempeño de calidad	—					
2. Control de materiales	0.38***	—				
3. Inspección de procesos	0.38***	0.35***	—			
4. Cumplimiento de especificaciones	0.37***	0.17	0.24*	—		
5. Supervisión	0.57***	0.32**	0.39***	0.26**	—	
6. Gestión de no conformidades	0.34***	0.30**	0.36***	0.13	0.45***	—

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos mediante el software Jamovi (2026).

Todas las correlaciones fueron positivas y, en su mayoría, estadísticamente significativas, con coeficientes entre $r = .13$ y $r = .57$. La asociación más fuerte se observó entre Supervisión y Desempeño de calidad ($r = .57$, $p < .001$), lo que evidencia que las prácticas de liderazgo, monitoreo y acompañamiento en obra se relacionan de forma directa con los resultados de calidad. Las únicas asociaciones sin significancia estadística correspondieron a Cumplimiento de especificaciones con Control de materiales ($r = .17$) y con Gestión de no conformidades ($r = .13$).

La asociación más fuerte entre la supervisión y el desempeño de la calidad confirma el papel central del seguimiento técnico en obra como mecanismo de aseguramiento de resultados. Este hallazgo concuerda con Yang et al. (2023), quienes, al construir un sistema de evaluación del desempeño de supervisores, asignaron a la calidad del trabajo el mayor peso relativo (0.375) entre los criterios considerados. Asimismo, Mokhlespour Esfahani et al.

(2024) identificaron el conocimiento técnico, la comunicación y el liderazgo como las competencias más relevantes del supervisor de obra, lo que sugiere que la influencia de la supervisión sobre la calidad depende tanto de su presencia como de las capacidades de quien la ejerce.

Regresión Lineal Múltiple

Para cuantificar el efecto conjunto de los factores de control sobre el desempeño de la calidad se estimó un modelo de regresión lineal múltiple, con Desempeño de calidad como variable dependiente y Control de materiales, Inspección de procesos, Cumplimiento de especificaciones, Supervisión y Gestión de no conformidades como predictores.

Hipótesis del Estudio

A partir de los objetivos específicos de la investigación se plantearon cinco hipótesis, una por cada factor de control evaluado como predictor del desempeño de calidad. Estas hipótesis se contrastaron posteriormente mediante los coeficientes estandarizados del modelo de regresión (Tabla 7).

Tabla 5

Hipótesis del Estudio

Hipótesis	Enunciado
H1	El control de materiales influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles.
H2	La inspección de procesos influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles.
H3	El cumplimiento de especificaciones técnicas influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles.
H4	La supervisión influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles.
H5	La gestión de no conformidades influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles.

Nota. Elaboración propia a partir de los objetivos específicos del estudio.

Ecuación del Modelo

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5$$

donde $\hat{Y}$ = desempeño de calidad estimado; X_1 = control de materiales; X_2 = inspección de procesos; X_3 = cumplimiento de especificaciones; X_4 = supervisión; X_5 = gestión de no conformidades.

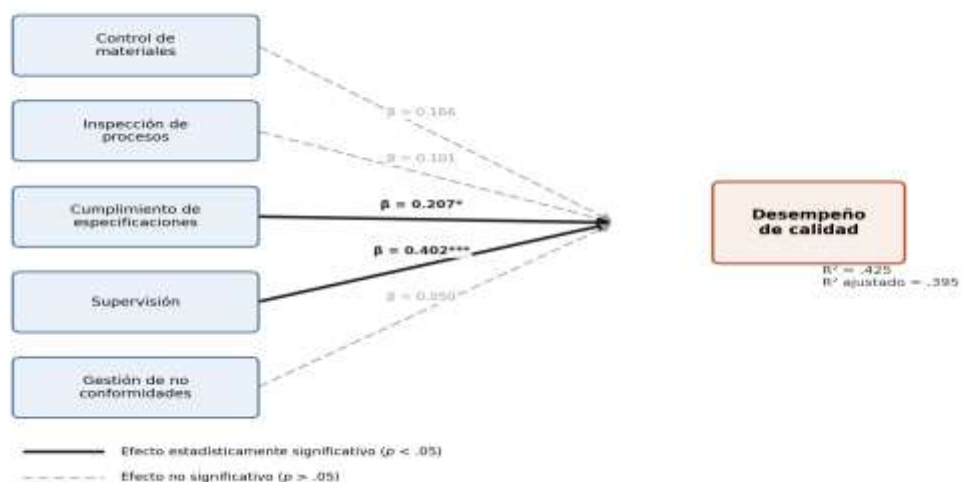
$$\hat{Y} = 0.361 + 0.157X_1 + 0.101X_2 + 0.185X_3 + 0.395X_4 + 0.048X_5$$

La Figura 2 representa gráficamente el modelo estimado: cada flecha corresponde a un coeficiente estandarizado (β) de la ecuación anterior, con trazo continuo para los predictores

con efecto estadísticamente significativo y trazo discontinuo para los que no alcanzaron significancia.

Figura 2

Diagrama del Modelo de Regresión Estimado



Nota. Los valores sobre cada flecha corresponden a los coeficientes estandarizados (β) de la Tabla 7.

Ajuste y Significancia Global del Modelo

El modelo resultó estadísticamente significativo y explicó una proporción relevante de la varianza del desempeño de calidad (Tabla 6).

Tabla 6

Resumen del Modelo y Prueba de Significancia Global (ANOVA)

Fuente	SC	gl	MC	F	p
Regresión	19.539	5	3.908	13.904	< .001
Residual	26.420	94	0.281		
Total	45.959	99			

Nota. $R = .652$, $R^2 = .425$, R^2 ajustado = .395.

El coeficiente de correlación múltiple ($R = .652$) evidenció una relación moderada-alta entre el conjunto de factores de control y el desempeño de calidad. El modelo explicó el 42.5 % de la variabilidad observada ($R^2 = .425$; R^2 ajustado = .395). La prueba F global resultó significativa, $F(5, 94) = 13.90$, $p < .001$, por lo que se rechazó la hipótesis nula de que todos los coeficientes de regresión son iguales a cero: en conjunto, los factores de control contribuyen significativamente a explicar el desempeño de la calidad en obras civiles.

La proporción de varianza explicada por el modelo (42.5 %) es superior a la obtenida en estudios con enfoques similares. Afzal et al. (2022), al analizar prácticas de gestión de calidad total en 326 profesionales de la construcción en Pakistán, lograron explicar el 28 % del

desempeño de los proyectos, lo que ubica al presente modelo en un nivel explicativo competitivo. No obstante, el 57.5 % de varianza no explicada indica la presencia de otros factores relevantes; en este sentido, Hanák et al. (2025) demostraron que la comunicación y la gestión de cambios durante la etapa previa a la inversión influyen significativamente en el éxito de los proyectos, variables que podrían incorporarse en futuras versiones del modelo.

Coeficientes del Modelo

La Tabla 7 presenta los coeficientes estimados para cada predictor del modelo.

Tabla 7

Coeficientes del Modelo de Regresión

Predictor	B	EE	β	t	p	VIF
(Intercepto)	0.361	0.385	—	0.937	.351	—
Control de materiales	0.157	0.082	0.166	1.918	.058	1.221
Inspección de procesos	0.101	0.090	0.101	1.117	.267	1.329
Cumplimiento de especificaciones	0.185	0.073	0.207	2.516	.014*	1.107
Supervisión	0.395	0.092	0.402	4.292	< .001***	1.431
Gestión de no conformidades	0.048	0.087	0.050	0.554	.581	1.349

Nota. Variable dependiente: Desempeño de calidad. B = coeficiente no estandarizado; EE = error estándar; β = coeficiente estandarizado; VIF = factor de inflación de la varianza.

Cumplimiento de especificaciones ($\beta = .207, p = .014$) y Supervisión ($\beta = .402, p < .001$) fueron los únicos predictores con efecto estadísticamente significativo sobre el desempeño de calidad; Supervisión mostró la mayor influencia relativa. Control de materiales, Inspección de procesos y Gestión de no conformidades presentaron coeficientes positivos, pero no alcanzaron significancia estadística. Los valores de VIF, todos inferiores a 1.5, descartan problemas de multicolinealidad entre los predictores.

El predominio de la supervisión y del cumplimiento de las especificaciones técnicas como predictores significativos indica que la calidad depende, principalmente, de la correspondencia entre lo diseñado y lo ejecutado y del control directo en obra. Wibowo et al. (2022) encontraron que la asistencia en campo, la experiencia y el número de supervisores explican el 70.9 % de la calidad en la construcción de carreteras nacionales, lo que refuerza el peso de la supervisión observado en este estudio. Complementariamente, Hanák et al. (2026) evidenciaron que la calidad de las especificaciones técnicas ejerce un efecto directo y elevado sobre el éxito del proyecto ($\beta = 0.59$), en coherencia con el aporte significativo de este factor.

Comprobación de Hipótesis

La Tabla 8 resume la decisión estadística sobre cada una de las cinco hipótesis planteadas, a partir del coeficiente estandarizado (β) y el valor p de cada predictor reportados en la Tabla 7.

Tabla 8

Comprobación de Hipótesis

Hipótesis	Predictor	β	p	Decisión
H1	Control de materiales	.166	.058	No soportada
H2	Inspección de procesos	.101	.267	No soportada
H3	Cumplimiento de especificaciones	.207	.014*	Soportada
H4	Supervisión	.402	< .001***	Soportada
H5	Gestión de no conformidades	.050	.581	No soportada

Nota. Decisión basada en un nivel de significancia de .05.

De las cinco hipótesis planteadas, se encontró soporte estadístico para H3 y H4: el cumplimiento de especificaciones técnicas y, en mayor medida, la supervisión influye significativamente en el desempeño de la calidad en obras civiles. No se encontró evidencia suficiente para sostener H1, H2 y H5, aunque los tres coeficientes mostraron dirección positiva.

La ausencia de significancia en el control de materiales, la inspección de procesos y la gestión de no conformidades no implica que estos factores carezcan de relevancia, sino que su efecto podría quedar absorbido por la supervisión, con la cual comparten varianza. Yıldız et al. (2024) encontraron que solo algunas dimensiones de la gestión de materiales, como el abastecimiento, la manipulación y el control de inventario, influyen significativamente en el desempeño, mientras que la planificación y la logística no lo hacen, lo que coincide con el efecto marginal hallado para el control de materiales ($p = .058$). A su vez, Chou et al. (2023) y Vélez et al. (2026) señalan que la eficacia de la inspección depende de la autoinspección de los subcontratistas y de herramientas digitales de registro, aspectos aún poco desarrollados en el contexto local.

Verificación de Supuestos del Modelo

Los supuestos del modelo se evaluaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk (normalidad), Breusch-Pagan (homocedasticidad) y Durbin-Watson (independencia de los residuos), cuyos resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Verificación de los Supuestos del Modelo de Regresión

Prueba	Estadístico	p	Interpretación
Shapiro-Wilk (normalidad)	$W = 0.991$	.740	Compatible con normalidad
Breusch-Pagan (homocedasticidad)	$\chi^2 = 8.618$	.125	Varianza homogénea
Durbin-Watson (independencia)	$d = 1.99$	—	Sin autocorrelación relevante

Nota. Valores de $p > .05$ indican ausencia de evidencia en contra de los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Los residuos del modelo fueron compatibles con una distribución normal ($W = 0.991, p = .740$) y con varianza homogénea ($\chi^2 = 8.618, p = .125$); el estadístico Durbin-

Watson ($d = 1.99$), próximo a 2, descartó autocorrelación relevante entre los residuos. En conjunto, estos resultados confirman que el modelo cumple las condiciones estadísticas necesarias para sustentar la interpretación de los coeficientes.

Figura 3

Diagnóstico Gráfico de los Supuestos del Modelo de Regresión



Nota. (a) Residuos vs. valores predichos; (b) gráfico Q-Q de residuos; (c) histograma de residuos.

El panel (a) muestra los residuos dispersos aleatoriamente alrededor de cero, sin patrones de embudo, lo que confirma visualmente la homocedasticidad reportada en la Tabla 9. El panel (b) evidencia un ajuste cercano a la diagonal teórica, compatible con normalidad, con desviaciones leves solo en los extremos. El panel (c) exhibe una distribución simétrica en forma de campana, sin valores atípicos aislados, lo que respalda de forma conjunta el cumplimiento de los supuestos del modelo.

El cumplimiento de los supuestos otorga validez a las estimaciones del modelo y respalda la interpretación de los coeficientes. Schmidt y Finan (2018) precisan que el supuesto de normalidad en la regresión lineal se refiere a los residuos y no a las variables, y que su incumplimiento afecta principalmente a muestras pequeñas, condición que no se presentó en este estudio. Del mismo modo, Knief y Forstmeier (2021) demostraron que los modelos lineales son robustos frente a desviaciones moderadas de la normalidad, pero sensibles a valores atípicos influyentes; en consecuencia, la ausencia de valores extremos en los residuos y los VIF inferiores a 1.5 fortalecen la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En síntesis, el modelo de regresión lineal múltiple resultó estadísticamente significativo y explicó el 42.5 % de la varianza del desempeño de calidad en obras civiles, siendo la Supervisión y el Cumplimiento de especificaciones los factores de control con aporte predictivo significativo.

CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo general de la investigación, al desarrollar un modelo estadístico que permite predecir el desempeño de la calidad en obras civiles de la provincia de Manabí a partir de factores de control. En respuesta a la pregunta planteada, los factores de control, considerados en conjunto, predicen en una medida relevante, aunque parcial, la calidad de las obras, lo que demuestra que esta no es un resultado fortuito, sino un atributo que puede gestionarse y anticiparse desde la fase de ejecución.

La supervisión técnica y el cumplimiento de las especificaciones técnicas constituyen los factores determinantes de la calidad en las obras civiles analizadas, siendo la supervisión el de mayor incidencia. Esto permite concluir que la calidad depende, principalmente, de la presencia y la competencia del control directo en obra y de la correspondencia entre lo diseñado y lo ejecutado, por lo que ambos factores deben priorizarse en la asignación de recursos humanos, técnicos y económicos de los proyectos.

El control de materiales, la inspección de procesos y la gestión de no conformidades no ejercen un efecto independiente sobre la calidad cuando se consideran junto con los demás factores, lo que sugiere que su contribución se canaliza a través de la supervisión. En consecuencia, estas prácticas no deben abandonarse, sino integrarse en un sistema de control articulado por la supervisión técnica, evitando que funcionen como procedimientos formales y aislados de la operación real en obra.

El modelo constituye una herramienta metodológicamente válida para orientar una gestión preventiva de la calidad, al permitir a residentes, fiscalizadores y entidades contratantes identificar dónde concentrar el control antes de que aparezcan los defectos. No obstante, la calidad de las obras también depende de factores no incluidos en el estudio, como la comunicación, la gestión de cambios y las condiciones contractuales, por lo que futuras investigaciones deberían incorporarlos mediante diseños longitudinales, muestreos probabilísticos y un alcance geográfico más amplio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara-Ayala, I. (2021). Integrated landslide disaster risk management (ILDRiM): the challenge to avoid the construction of new disaster risk. *Environmental Hazards*, 20(3), 323–344. <https://doi.org/10.1080/17477891.2020.1810609>
- Barberán-Zambrano, G. S., & Guerrero-Calero, J. M. (2025). Análisis de susceptibilidad y vulnerabilidad a deslizamientos en la comunidad Naranjal de la parroquia Abdón Calderón, Portoviejo. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 118–134. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/111>
- Capobianco, V., Choi, C. E., Crosta, G., Hutchinson, D. J., Jaboyedoff, M., Lacasse, S., Nadim, F., & Reeves, H. (2025). Effective landslide risk management in era of climate change, demographic change, and evolving societal priorities. *Landslides* 2024 22:9, 22(9), 2915–2933. <https://doi.org/10.1007/S10346-024-02418-2>
- Chiquito, H., Medranda, L., Prado, M., Villapardo, G., Lino, V., & Carvajal, D. (2026). Percepción del riesgo en la planificación de proyectos de infraestructura física. *Revista Multidisciplinaria de Estudios Generales*, 5(1). <https://doi.org/10.70577/reg.v5i1.463>
- Cremonini, L., Randi, P., Fazzini, M., Nardino, M., Rossi, F., & Georgiadis, T. (2024). Causes and Impacts of Flood Events in Emilia-Romagna (Italy) in May 2023. *Land* 2024, Vol. 13, Page 1800, 13(11), 1800. <https://doi.org/10.3390/LAND13111800>
- El Comercio. (2023, March 27). Primeras imágenes de Alausí muestran la magnitud del gran deslizamiento. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/imagenes-alausi-muestran-magnitud-deslizamiento/>
- Flores Pacheco, C. J., & Flores-Pacheco, J. A. (2026). Evaluación de vulnerabilidad y zonificación de riesgo por deslizamiento mediante Sistemas de Información Geográfica. *Wani*, 1(84), 1–23. <https://doi.org/10.5377/wani.v1i84.22795>
- Gómez Benítez, D. F., & Ordaz Hernández, A. (2025). Susceptibility to landslides: mapping for the municipality of Tenancingo, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reduccion Del Riesgo de Desastres*, 9(2), 205–221. <https://doi.org/10.55467/reder.v9i2.203>
- Mella, C. (2023, March 28). Nueva Alausí: El barrio ecuatoriano sepultado por una montaña. *EL PAÍS*. <https://elpais.com/internacional/2023-03-29/el-barrio-ecuatoriano-sepultado-por-una-montana-la-tragedia-que-nadie-evito.html>
- Ortiz, D. I., Piche-Ovares, M., Romero-Vega, L. M., Wagman, J., & Troyo, A. (2021). The Impact of Deforestation, Urbanization, and Changing Land Use Patterns on the Ecology of Mosquito and Tick-Borne Diseases in Central America. *Insects* 2022, Vol. 13, Page 20, 13(1), 20. <https://doi.org/10.3390/INSECTS13010020>
- Pilatasig, L., Torrijo, F. J., Ibadango, E., Troncoso, L., Alonso-Pandavenes, O., Mateus, A., Solano, S., Viteri, F., & Alulema, R. (2025). Casual-Nuevo Alausí Landslide (Ecuador,

- March 2023): A Case Study on the Influence of the Anthropogenic Factors. *GeoHazards* 2025, Vol. 6, Page 28, 6(2), 28. <https://doi.org/10.3390/GEOHAZARDS6020028>
- Quesada-Román, A., Calvo-Solano, O. D., Cruz-García, D., Castellanos, E. J., Ley, D., & Vásquez, O.-J. (2026). Unveiling historical data and socioeconomic drivers of disaster risk at national and municipal levels in Guatemala. *Discover Hazards* 2026 2:1, 2(1), 7-. <https://doi.org/10.1007/S44475-026-00015-6>
- Reyes Ponce, D. A., & Lino Calle, V. A. (2026). Percepción sobre el impacto del cambio climático en la durabilidad y sostenibilidad de vías rurales. *Reincisol.*, 5(9), 1–24. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V5\(9\)1380](https://doi.org/10.59282/reincisol.V5(9)1380)
- Rincón, F. (2023, March 27). Impactantes imágenes de dron muestran masivo deslizamiento de tierra que mata a al menos 7 en Ecuador. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/video/dron-muertos-alausi-ecuador-deslizamiento-tierra-fernando-del-rincon-conclusiones-cnne>
- Suárez Toala, R., Vélez Soledispa, B., Arévalo Guamán, D., Lino Calle, V., & Carvajal Rivadeneira, D. (2025). Infraestructuras resilientes al cambio climático: análisis textual discursivo sobre adaptación, mitigación y sostenibilidad en la construcción. *Revista Científica Multidisciplinar G-Ner@ndo*, 6(1), 1931–1948. <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/507>
- Velásquez-Espinoza, G., & Alcántara-Ayala, I. (2025). Flood risk perception and preparedness in Nicaraguan educational contexts: A study of student perspectives. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 120, 105375. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2025.105375>
- Wang, G. (2025). Impact of global changes on landslide hazard and risk. *Landslides* 2025 22:9, 22(9), 2847–2849. <https://doi.org/10.1007/S10346-025-02594-9>
- Velásquez-Espinoza, G., & Alcántara-Ayala, I. (2025). Flood risk perception and preparedness in Nicaraguan educational contexts: A study of student perspectives. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 120, 105375. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2025.105375>
- Wang, G. (2025). Impact of global changes on landslide hazard and risk. *Landslides* 2025 22:9, 22(9), 2847–2849. <https://doi.org/10.1007/S10346-025-02594-9>

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles.

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El articulo no es producto de una publicación anterior