

Optimización de Proyectos de Construcción en Lima mediante el Método Waris2000®: Un Análisis de Tiempo y Costo

Marco Antonio Soto Conde¹

marco.soto10@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-8076-2659>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima - Perú

Rosa Karol Moore Torres

kmooret@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-7608-9377>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima - Perú

Rubén Felipe Vidal-Endara

rvidale@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-6055-2948>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima - Perú

RESUMEN

En la actualidad la industria de la construcción requiere usar herramientas que eviten retrasos y por ende pérdidas económicas, los principales indicadores para controlar el desempeño de estos proyectos son los relacionados a tiempo y costo. En ese sentido, la presente investigación tiene como objetivo implementar el método Waris2000®, el cual combina la planificación basada en la locación (LBMS) y el Last Planner System (LookAhead Planning y restricciones) para el secuenciamiento de la obra y así garantizar el control de todas las etapas del proyecto, logra hacer esto midiendo el desempeño de tiempo (SPI) y desempeño de costo (CPI). Para desarrollar la investigación se planteó un enfoque cuantitativo con un alcance explicativo, con diseño experimental en el grado de pre experimento. Se eligió como unidad de análisis los procesos productivos en la construcción de las obras Residencial Violeta y Residencial Aurora durante los años 2019 al 2022. Finalmente, al implementarse este método mejoraron los indicadores de tiempo (SPI) de 0.95 en Residencial Violeta a un 1.06 en Residencial Aurora, además se mejoró el indicador de costo (CPI) pasando de un 1.02 en Residencial Violeta a un 1.11 en Residencial Aurora, todo esto corroborado con la estadística inferencial respectiva.

Palabras clave: *método waris2000®; planificación basada en la locación (lbms); last planner system; desempeño de tiempo (spi); desempeño de costo (CPI)*

¹ Autor principal
Correspondencia: marco.soto10@gmail.com

Optimization of Construction Projects in Lima using the Waris2000®

Method: A Time and Cost Analysis

ABSTRACT

At present, the construction industry requires the use of tools that prevent delays and, consequently, economic losses. The primary indicators to monitor the performance of these projects relate to time and cost. In this context, the current research aims to implement the Waris2000® method, which combines location-based scheduling (LBMS) and the Last Planner System (LookAhead Planning and constraints) for work sequencing, ensuring control over all project phases. It achieves this by measuring time performance (SPI) and cost performance (CPI). The research adopted a quantitative approach with an explanatory scope, employing a pre-experimental design. The study selected the productive processes in the construction of Residential Violeta and Residential Aurora during the years 2019 to 2022 as the unit of analysis. Finally, upon implementing this method, time indicators (SPI) improved from 0.95 in Residential Violeta to 1.06 in Residential Aurora. Additionally, the cost indicator (CPI) increased from 1.02 in Residential Violeta to 1.11 in Residential Aurora, all of which is corroborated with the respective inferential statistics.

***Keywords:** waris2000® method; location-based scheduling (LBMS); last planner system; time performance (spi); cost performance (CPI)*

*Artículo recibido 15 setiembre 2023
Aceptado para publicación: 28 octubre 2023*

INTRODUCCIÓN

A la fecha de la elaboración del presente artículo el mundo atraviesa una recesión que inició en el 2020 por la pandemia y que repercute en todos los sectores; las empresas de América Latina, en especial las peruanas no han sido ajenas a este problema y siendo el sector construcción uno de los más importantes para el desarrollo de cualquier país se hace necesario buscar nuevos métodos para poder realizar más eficiente las actividades de dichos proyectos. Al respecto Pons y Rubio (2019) hacen hincapié en que los problemas del sector construcción son muy conocidos y que dicho sector es muy renuente a los cambios en la manera de gestionar los proyectos. Así mismo, los autores señalan 10 problemas crónicos del sector construcción, dentro del cual destacan los métodos obsoletos de planificación, control y gestión de la producción, incumplimiento sistemático de los plazos de entrega, sobrecostos, gran cantidad de retrabajos entre otros factores. De la misma manera, para el caso peruano Briceño (2013) menciona que las empresas constructoras se ven forzadas a reducir sus precios de construcción ajustando sus precios unitarios; estos ajustes se adecuan a los del mercado, pero no toman en cuenta si sus sistemas constructivos y de gestión realmente les permiten bajar dichos costos.

Debido a esta realidad, esta investigación se plantea responder a la pregunta ¿Cómo la implementación del método Waris2000® mejora la gestión de la obra de construcción bajo indicadores de tiempo y costo en una empresa constructora de Lima?, dichos indicadores son el índice de desempeño de costo (CPI) y el índice de desempeño de cronograma (SPI). De acuerdo a lo descrito se plantea como objetivo implementar el método Waris2000® para mejorar la gestión de la obra de construcción bajo indicadores de tiempo y costo.

El tema investigado presenta relevancia debido a que, en la práctica se busca cambiar los paradigmas propios de ese sector empresarial, demostrando que nuevas herramientas de gestión inciden en la mejora de los proyectos enfocándose en dos puntos clave de la performance de estos como son los tiempos y los costos. En la parte teórica busca aplicar conceptos y herramientas de ingeniería a los proyectos de construcción mediante la implementación del método Waris2000® de tal manera que contribuye con una estructura clara y validada por expertos internacionales.

MARCO TEÓRICO

En la década de los 90, la empresa WarisSoft abordó los desafíos en la gestión de obras de construcción introduciendo soluciones metodológicas y tecnológicas innovadoras, resultando en el sistema "Construcción 1.5" en 1994. Este sistema ofrecía una visión integral de la gestión de obras, cubriendo etapas desde el presupuesto hasta el control de la producción. Posteriormente, la compañía señaló la necesidad de nuevas herramientas en gestión de proyectos, y como respuesta desarrolló el método Waris2000®, que incorpora enfoques como la programación basada en la locación (LBMS) y el Last Planner® System. Al respecto Aguilar (2008) destacó las ventajas del uso combinado de LBMS y LPS, tales como planes de producción más realistas y mejor control en construcción. Waris2000® también introduce indicadores innovadores, como el Valor Ganado (EVM), para apoyar la toma de decisiones. En consecuencia, de acuerdo a WarisSoft (2017), se puede definir a Waris2000® como un método desarrollado por esta empresa que incorpora diversos enfoques y técnicas para la gestión de obras de construcción, incluyendo la programación basada en la locación (LBMS) y el Last Planner® System, el cual busca ofrecer una gestión más eficiente y efectiva de los proyectos de construcción.

Waris2000® se apoya en los métodos siguientes:

a) Método para control del cronograma.

La Guía del PMBOK (2017) enfatiza la necesidad de monitorear y gestionar los cronogramas y manifestando la importancia de líneas de base y estimaciones precisas de la duración y los recursos asignados (Guía del PMBOK, 2017). Gómez y Orobio (2015) señalaron que la incertidumbre puede afectar significativamente el costo y el tiempo de construcción de infraestructura vial, enfatizando la necesidad de una planificación cuidadosa y un análisis de riesgos. Corrales (2012), por otro lado, valora la importancia de la planificación adaptativa y la actualización continua de los proyectos para abordar nuevos desafíos.

El concepto de Sistema de control de producción Last Planner. Al respecto Pons y Rubio (2019) manifiestan que es un sistema de planificación basado en compromisos y que tiene fundamentación en la medición y análisis de cumplimiento de dichos compromisos tomando como referencia los últimos planificadores con respecto al plan de producción semanal.

LAP o planificación a mediano plazo, al respecto Pons y Rubio (2019) mencionan que el LAP es un componente del Last Planner y consiste en desarrollar un plan a corto y mediano plazo derivado del plan de hitos el cual tiene como finalidad identificar todas las actividades que se llevarán a cabo en un periodo que oscila entre las 4 a 8 semanas.

Plan de trabajo semanal o Weekly Work Plan (WWP) al respecto Pons y Rubio (2019) manifiestan que se utiliza para evaluar el éxito de la planificación y determinar los factores que limitan el rendimiento.

Programación rítmica, para Ulloa (2016) este método es una forma de organizar el proyecto mediante compromisos establecidos a través de plazos. Los plazos son calculados tomando como referencia la actividad que más tiempo requiere, en base a ello se genera luego un plazo común conocido como “ritmo”.

b) Método para control de los costos

La Guía del PMBOK (2017) enfatiza la importancia de monitorear el desempeño real y planificado, monitorear y actualizar los costos en función de los cambios, garantizar la disponibilidad y el uso adecuado de los recursos y gestionar todos los costos relacionados con el proyecto para evitar sobrecostos presupuestarios. Almonacid et al.(2015) destacaron que centrarse en el diseño puede reducir los costos, ya que esta fase tiene el mayor impacto en el costo general del proyecto. Por otro lado, Russell y Jaselski (1992) afirmaron que incorporar la constructibilidad en el diseño puede resultar en ahorros de costos del proyecto del 1,1% al 10,7%. Adicionalmente Jara (2010) sugiere que optimizar el diseño desde el principio puede reducir los costos asociados con cambios posteriores al utilizar la flexibilidad del diseño para evitar gastos futuros.

c) Método del valor ganado para control de obras

La Guía PMBOK (2017) introduce conceptos como el índice de desempeño de costos (CPI) y el índice de desempeño del cronograma (SPI) para medir la eficiencia de costos y tiempo, respectivamente. También describe el valor ganado (EV), el valor planificado (PV) y el costo real (AC) y destaca la importancia de la gestión del valor ganado en la evaluación y el control de proyectos. Zabala (2020) destaca cómo el enfoque del valor ganado proporciona a los directivos una alerta temprana para prevenir problemas importantes. Lledó (2006) describe la utilidad de medidas como la variación de costos (CV) y la variación de cronograma (SV) para identificar y corregir las variaciones de costos y cronogramas.

Estas herramientas son esenciales para garantizar que los proyectos se mantengan dentro del cronograma y el presupuesto (Guía PMBOK, 2017; Zabala, 2020; Lledó, 2006).

Por lo cual se puede entender que el CPI es igual a Valor Ganado (EV) entre Costo Real (AC), es decir $CPI = EV / AC$.

De la misma manera SPI sería igual a Valor Ganado (EV) entre Valor Planificado (PV), es decir $SPI = EV / PV$.

Antecedentes

Pajares y López (2008) analizan el Método del Valor Ganado (EVM), que tiene como objetivo integrar la gestión de costos y cronogramas del proyecto en un solo modelo. A pesar de la popularidad de la EVM en la gestión de proyectos, los autores también señalan sus limitaciones, como su pérdida de poder predictivo para el cierre del proyecto y su incapacidad para tener en cuenta factores como el riesgo y la flexibilidad. Creen que, si bien EVM proporciona información valiosa sobre el progreso del proyecto, existe la necesidad de desarrollar un sistema de seguimiento más completo que integre tiempo, costo, alcance, calidad y riesgo para lograr una gestión más efectiva del proyecto (Conferencia Internacional sobre Ingeniería Industrial y Gestión Industrial - CIO 2007, pág. 719-721).

De acuerdo a Grande et al. (2010) investigaron la aplicación de un sistema de gestión de proyectos basado en el valor ganado, un método utilizado tradicionalmente para integrar el costo, el cronograma y el desempeño técnico del proyecto. Su estudio destacó la capacidad del sistema para calcular variaciones de costos y cronogramas, índices de desempeño y pronósticos de proyectos. Aunque originalmente estaba destinado a la gestión de costos, los autores han observado una tendencia creciente en su uso para predecir la duración de los proyectos. Al presentar este enfoque demuestran su potencial para predecir la duración total de un proyecto, lo que sugiere su aplicabilidad más amplia en la gestión de proyectos (14º Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Madrid).

En un estudio reciente, Bastidas (2019) ha explorado el enfoque del Last Planner para optimizar la coordinación de la planificación de la construcción y la implementación de un enfoque de valor ganado destinado a evaluar el desempeño del proyecto comparando costos y plazos. Al analizar el desempeño de la construcción de puentes en la red vial 5-Huacho, el estudio concluyó que la aplicación conjunta de

estos métodos mejoró significativamente la productividad, eficiencia y control de costos del proyecto, contribuyendo al logro de las metas trazadas.

Hipótesis

Teniendo en cuenta todo lo antes descrito nos planteamos la siguiente hipótesis: La implementación del Método Waris2000® incide significativamente en la mejora de la gestión de las obras de construcción bajo indicadores de tiempo y costo en una empresa constructora de Lima.

METODOLOGÍA

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo con un alcance explicativo. Por ende, presenta un diseño experimental en el grado de pre experimento. Tal como señala Hernández et al. (2014) los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones en las variables independientes para observar sus efectos en las variables dependientes. Además, cuando el grado de control es mínimo se le denomina pre experimento.

Considerando ello, la investigación no solo presenta un grado de pre experimento, sino que también es del tipo pre-prueba y pos-prueba que recoge 38 mediciones antes y 38 mediciones después del estímulo. Se ha considerado como unidad de análisis los procesos productivos de las obras de Residencial Violeta y Residencial Aurora recopilando la data durante los años 2019 al 2022

Las técnicas utilizadas fueron revisión documental y análisis de campo donde se usaron los instrumentos de fichas de registro y cuadros de registro respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Método Waris2000® representa una innovación significativa en la gestión y supervisión de proyectos de construcción en Lima, esto se comprobó a través de la implementación de todos los módulos de Waris2000® en el proyecto Residencial Aurora ya que comparando con Residencial Violeta el principal indicador de tiempo SPI mejoró de 0.95 para Violeta a 1.06 en Aurora, además el indicador de costo CPI que era de 1.02 en el proyecto Violeta paso a ser de 1.11 para el proyecto Aurora.

Los resultados comparativos del pre test con el post test muestran una evolución favorable en relación a los indicadores analizados, pudiendo obtener para Residencial Violeta una media de CPI de Materiales de 1.26 y para Residencial Aurora una media del CPI Material de 1.32, pero el CPI de material no fue lo único que mejoró en estas 38 mediciones; el CPI de equipos paso de 0.168 a 0.797. Sin embargo, el

CPI de mano de obra mostro una leve disminución pasando de 1.154 a 1.083 pero esto ha repercutido en el desmedro del proyecto ya que un indicador igual o superior a uno significa que se tiene controlado el costo de Mano de Obra, incluso para este caso es ligeramente más eficiente que lo presupuestado. Esta variación puede deberse a múltiples factores que son particulares de cada proyecto, aunque ambos compartan las mismas características comunes como número de pisos, diseño, etc., las fechas de trabajo como días festivos o incluso huelgas harán variar la performance. Finalmente, en relación a todos los indicadores de CPI al pasar por prueba estadística se comprobó la mejora sustancial.

Todos los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad de Shapiro Wilk para determinar si la estadística inferencial sería paramétrica o no paramétrica. Tomando en cuenta que los resultados arrojaron que la data no seguía una distribución normal y que los grupos no eran relacionados se procedió a realizar la prueba de U Mann Whitney. Como se aprecia en la tabla X, el sigma bilateral de CPI es de 0.029 por lo cual es menor a 0.05 entonces se puede afirmar que: Con un margen de error del 2.9% la implementación del método Waris2000® incide significativamente en la mejora del Índice de Desempeño del Costo (CPI) en la gestión de la obra de construcción de una empresa constructora de Lima.

De la misma manera se procedió a la comprobación de cada sub componente del CPI, es decir CPI de mano de obra, material y equipo lo cual confirmo la validez de la mejora.

En relación al indicador de tempo SPI, se presentó el mismo caso utilizándose como prueba no paramétrica U Mann Whitney y como se aprecia en la tabla Y el sigma bilateral es 0.000 por lo cual al ser menor a 0.05 se concluye que: Con un margen de error del 0.0% se puede afirmar que La implementación del Método Waris2000® incide significativamente en la mejora del Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) en la gestión de la obra de construcción de una empresa constructora de Lima.

Estos hallazgos concuerdan con lo mencionado por Briceño (2003), quien resalta la relevancia de estructurar costos con indicadores de valor ganado para incrementar utilidades. Además, el método optimiza el CPI de Mano de Obra, alineándose con Neve et al. (2020), quienes enfatizan la eficiencia laboral en construcción, indicando que esta industria debe priorizar la relación obrero-productividad. Por último, el método también mejora el CPI de Materiales, en sintonía con Bastidas (2019), quien

destaca la aplicación de indicadores del Last Planner System y la metodología del Valor Ganado para optimizar la productividad y eficiencia de recursos, estabilizando flujos de trabajo.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Tabla 1

Data del proyecto sin Implementación de Método Waris® (Pre Test) - Residencial Violeta

Proyecto Violeta					
Semana	CPI-MO	CPI-MAT	CPI-EQUI	CPI GLOBAL	SPI
S1	1,3344	1,2530	0,3245	1,0500	0,9300
S2	1,3168	1,2428	0,2768	1,0500	0,9200
S3	1,3035	1,2521	0,2249	1,0300	0,9400
S4	1,2923	1,2034	0,2004	1,0200	0,8800
S5	1,2556	1,1822	0,1806	1,0200	0,8800
S6	1,2538	1,1848	0,1633	1,0300	0,9000
S7	1,2550	1,1989	0,1448	1,0400	0,9500
S8	1,2162	1,2088	0,1311	1,0400	0,9700
S9	1,1905	1,2142	0,1174	1,0500	0,9700
S10	1,1690	1,2217	0,1131	1,0500	0,9700
S11	1,1590	1,2279	0,1079	1,0500	0,9700
S12	1,1505	1,2446	0,1046	1,0600	0,9700
S13	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9900
S14	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9800
S15	1,1505	1,2500	0,1000	1,0600	0,9800
S16	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9800
S17	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9800
S18	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9800
S19	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9700
S20	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9700
S21	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9700
S22	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9700
S23	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9700
S24	1,1505	1,2510	0,1047	1,0600	0,9600
S25	1,1361	1,2510	0,1047	1,0600	0,9600
S26	1,1343	1,2549	0,1576	1,0600	0,9700
S27	1,1340	1,2543	0,1881	1,0600	0,9700
S28	1,1138	1,2523	0,2247	1,0500	0,9700
S29	1,0843	1,3132	0,2331	1,0500	0,9700
S30	1,0800	1,3002	0,2334	1,0400	0,9700
S31	1,0844	1,2932	0,2398	1,0300	0,9600
S32	1,0716	1,3105	0,2402	1,0300	0,9700
S33	1,0633	1,3013	0,2427	1,0200	0,9500
S34	1,0630	1,3198	0,2411	1,0200	0,9600
S35	1,0621	1,3620	0,2375	1,0100	0,9600
S36	1,0571	1,3765	0,2344	1,0100	0,9600
S37	1,0405	1,3883	0,2354	1,0100	0,9500
S38	1,0546	1,3769	0,2354	1,0200	0,9500

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 2

Data del proyecto con Implementación de Método Waris® (Post test) - Residencial Aurora

Proyecto Aurora					
Semana	CPI-MO	CPI-MAT	CPI-EQUI	CPI GLOBAL	SPI
S1	1,5827	1,4469	1,1412	1,2800	1,0700
S2	1,4616	1,3739	0,8385	1,2300	1,0300
S3	1,3380	1,3280	0,7567	1,2200	1,0100
S4	1,2606	1,2575	0,7130	1,1900	0,9800
S5	1,3337	1,3247	0,8036	1,2500	1,0200
S6	1,4784	1,4757	0,9601	1,3800	1,1800
S7	1,5091	1,3439	0,9868	1,4000	1,1500
S8	1,4840	1,2786	0,8933	1,3300	1,1100
S9	1,3873	1,1899	0,8228	1,2500	1,0400
S10	1,3530	1,1601	0,7713	1,2200	1,0100
S11	1,2728	1,1464	0,7458	1,2000	1,0000
S12	1,1903	1,1520	0,7086	1,2000	0,9900
S13	1,1049	1,1791	0,6821	1,2100	0,9800
S14	1,0310	1,1977	0,6700	1,2000	0,9700
S15	1,0321	1,1094	0,7004	1,0100	0,9800
S16	1,0542	1,1192	0,7037	1,0200	0,9700
S17	1,0223	1,1267	0,7030	1,0200	0,9700
S18	0,9970	1,1637	0,6892	1,0200	0,9800
S19	1,0371	1,1492	0,7247	1,0200	0,9900
S20	1,0116	1,1762	0,7256	1,0200	0,9800
S21	0,9928	1,2007	0,7449	1,0200	0,9800
S22	0,9694	1,2167	0,7516	1,0300	0,9800
S23	0,9493	1,2140	0,7657	1,0200	0,9800
S24	0,9363	1,2116	0,7813	1,0100	0,9800
S25	0,9233	1,2338	0,7847	1,0200	0,9800
S26	0,9107	1,2659	0,7982	1,0200	1,0000
S27	0,9055	1,2597	0,8127	1,0100	1,0000
S28	0,9032	1,2904	0,8163	1,0200	1,0100
S29	0,8891	1,3241	0,8190	1,0200	1,0000
S30	0,8814	1,4228	0,8299	1,0500	0,9900
S31	0,8820	1,4836	0,8301	1,0700	1,0000
S32	0,8786	1,4616	0,8302	1,0900	0,9900
S33	0,8762	1,5017	0,8302	1,0700	0,9900
S34	0,8727	1,5670	0,8302	1,0800	0,9800
S35	0,8693	1,6660	0,8309	1,0900	0,9900
S36	0,8694	1,7141	0,8332	1,1000	0,9900
S37	0,8648	1,7278	0,8349	1,1100	0,9900
S38	0,8621	1,7322	0,8349	1,1100	0,9900

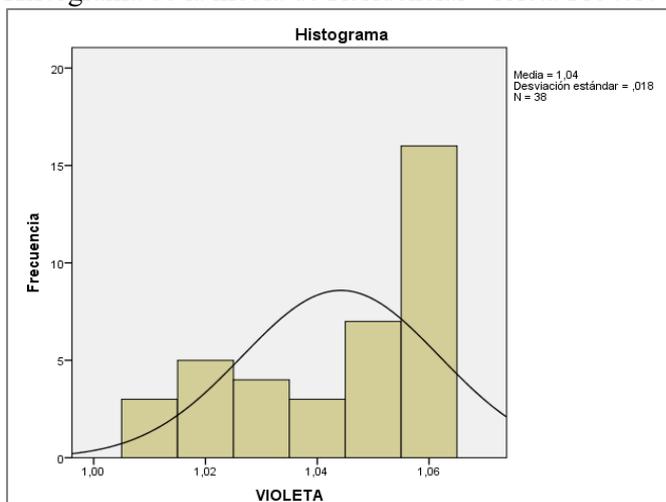
Nota: *Elaboración Propia. Tomado de SPSS*

Tabla 3
Estadísticos descriptivos CPI global

	N		Media		Desviación estándar		Varianza		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar
Violeta	38	1,0442	,00286	,01765	,000	-,969	,750			
Aurora	38	1,1213	,01852	,11414	,013	-,291	,750			
N válido (por lista)	38									

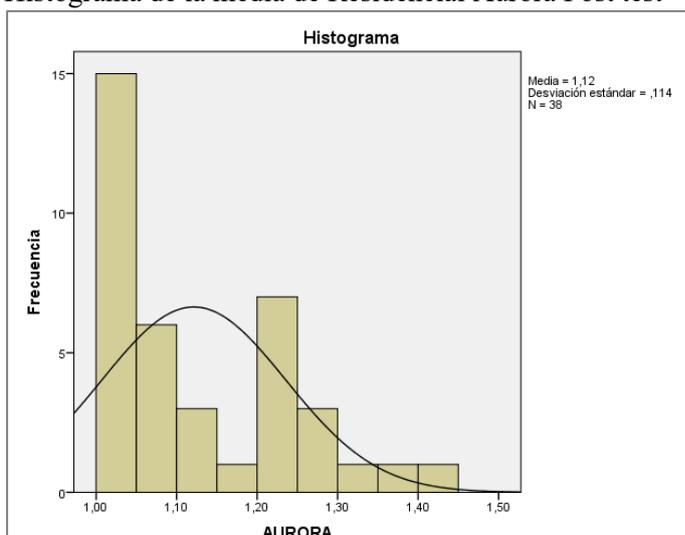
Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Figura 1
Histograma de la media de Residencial Violeta Pre test



Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Figura 2
Histograma de la media de Residencial Aurora Post test



Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 4

Estadística inferencial para CPI

Estadísticos de prueba	
U de Mann-Whitney	514,5
W de Wilcoxon	1255,5
Z	-2,178
Sig. asintótica (bilateral)	0,029

a Variable de agrupación: GRUPOS

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 5

CPI_MO	
U de Mann-Whitney	449,000
W de Wilcoxon	1190,000
Z	-2,843
Sig. asintótica (bilateral)	,004

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 6

Estadístico de prueba CPI-Materiales

CPI_MAT	
U de Mann-Whitney	684,000
W de Wilcoxon	1425,000
Z	- ,396
Sig. asintótica (bilateral)	,692

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 7

Estadístico de prueba CPI-Equipos

CPI_EQUIPO	
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	741,000
Z	-7,516
Sig. asintótica (bilateral)	,000

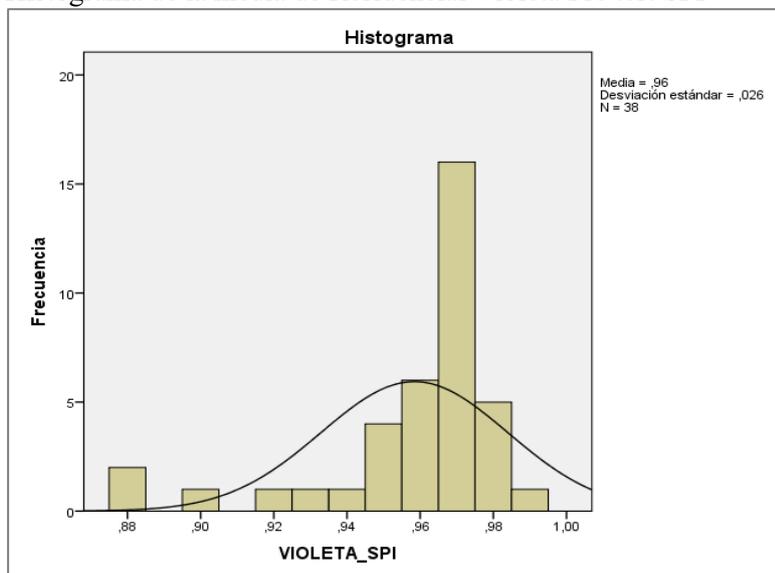
Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Tabla 8
Estadísticos descriptivos SPI

	N		Media	Desviación estándar	Varianza	Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar
Violeta_SPI	38	,9584	,00414	,02552	,001	3,678	,750
Aurora_SPI	38	1,061	,00762	,04699	,002	6,458	,750
N válido (por lista)	38						

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Figura 3
Histograma de la media de Residencial Violeta Pre test SPI



Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

Figura 4
Histograma de la media de Residencial Aurora Post test SPI

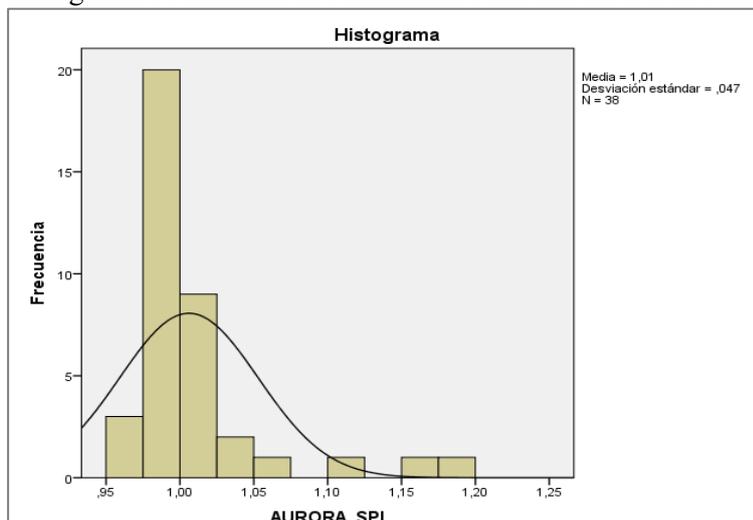


Tabla 9

Estadística inferencial para SPI

<i>Estadístico de Prueba</i>	
U de Mann-Whitney	85,000
W de Wilcoxon	826,000
Z	-6,713
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Nota: Elaboración Propia. Tomado de SPSS

CONCLUSIONES

La industria de la construcción actual enfrenta desafíos importantes, especialmente en términos de eficiencia de tiempo y costos. La implementación de herramientas y métodos adecuados es esencial para garantizar la optimización del proyecto y evitar retrasos y pérdidas financieras.

El método Waris2000® ha demostrado ser una herramienta valiosa y eficaz para gestionar proyectos de construcción. Al combinar la planificación basada en locación y el Last Planner System proporciona un control riguroso en las fases del proyecto permitiendo así una medición precisa del desempeño en tiempo (SPI) y costo (CPI), tal como se ha evaluado en los proyectos residenciales estudiados.

La implementación del método Waris2000® en los proyectos Residencial Violeta y Residencial Aurora ha resultado en mejoras significativas en los indicadores de tiempo y costo, ya que el SPI mejoró de 0.95 a 1.06 y el CPI de 1.02 a 1.11, lo que prueba una gestión más eficiente y rentable.

Las pruebas estadísticas utilizadas (U Mann Whitney), confirmaron la significancia de estas mejoras, validando la eficacia representada en los indicadores de tiempo y costo del método Waris2000® en la mejora de la gestión de proyectos de construcción en Lima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almonacid, K., Navarro, J. y Rodas, I. (2015). Propuesta de metodología para la implementación de la tecnología BIM en la empresa constructora e inmobiliaria "IJ proyecta". Tesis para optar el título de Magister. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Aguilar Reátegui, E.F. (2008, 29 de mayo). Las empresas constructoras necesitan un sistema de información para la toma de decisiones. <http://Waris2000.blogspot.pe/2008/05/las-empresas-constructoras-necesitan-un.html>

- Bastidas, C. (2019). Implementación del Last Planner y la metodología del valor ganado en proyectos civiles Construcción de Puentes, Red Vial 5-Huacho. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Briceño, O. (2003). Implementación del Sistema de planeamiento y control de costos por procesos para empresas de construcción. Tesis para optar el título profesional. Universidad Mayor de San Marcos.
- Corrales, M.V. (2012). Plan de gestión de las áreas de alcance, tiempo, costo y calidad del proyecto boulevard de calle 9, barrio chino, San José Costa Rica. (Tesis para optar el título). Universidad para la cooperación internacional (UCI), San José.
- Gómez, H. y Orobio, A. (2015). Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras. Recuperado de:
<http://search.scielo.org/?q=costos%20construccionywhere=ORG#sthash.5f3dU9I3.dpuf>
- Grande Agromayor, P., de Cos Juez, F. J., Barroso Alonso, S., & Rodriguez Perez, F. (2010). Nueva metodología de estimación de la duración del proyecto en base a métrica de valor ganado. XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Madrid.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.
- Jara, C.E. (2010). Colaboración extrema y gestión de compromisos en la etapa de diseño de proyectos (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. Chile.
- Lledo, P., Rivarola, G., Mercau, R., Cucchi, D. y Esquembre, J. (2006). Administración Lean de Proyectos. México.
- Pajares, J. & López, A. (2008) Limitaciones y mejoras de la metodología del valor ganado en la gestión integrada del plazo y coste de proyectos. 12th International Conference on Project Engineering. Madrid.
- PMBOK Guide (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Sexta Edición. Pennsylvania, EEUU: Project Management Institute, Inc.

- Pons y Rubio (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner system. Madrid, España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Russell, J. S., and Jaselskis, E. J. (1992). “Quantitative study of contractor evaluation programs and their impact.” J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, 118(3), 612–624.
- Ulloa, E. (2016). Implementación de un sistema combinado de planificación Last Planner y programación rítmica en partidas de terminación. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Universidad del Bio-Bio, Concepción. Chile.
- WarisSoft (2017). Plataforma “Lean”. WarisSoft [Entrada de blog]. Recuperado de: <https://warissoft.com/blog/>
- Zabala, I. (2020). La Gestión del Valor Ganado. Como predecir los resultados del proyecto. Recuperado de: <https://enredandoproyectos.com/3o-post-valor-ganado-la-gestion-del-valor-ganado-como-predecir-el-desempeno-de-tu-proyecto/>