

Estimación del tiempo y costo en la construcción de muros anclados en suelos arcillosos: Estudio de Caso en la construcción del hospital de San Ignacio, Departamento de Cajamarca

Estimation of time and cost in the construction of anchored walls in clay soils: A case study in the construction of the hospital of San Ignacio, Department of Cajamarca.

Yinmar Ramírez¹ y Lucero Caballero²*

RESUMEN

La problemática abordada se centra en el rápido crecimiento demográfico, lo que ha impulsado la planificación de estructuras de gran altura para maximizar los espacios utilitarios. La construcción bajo coste, particularmente mediante muros anclados, ha emergido como una solución prevalente en el contexto peruano. El objetivo fue la estimación precisa del tiempo y costos asociados con la construcción de muros anclados en suelos arcillosos. Se adoptaron tres metodologías distintas: el Sistema Last Planner, Líneas de Balance y un enfoque tradicional. Los resultados revelaron que la implementación del Sistema Last Planner optimizó el tiempo de ejecución inicial en un 17%, mientras que la metodología de Líneas de Balance demostró una mejora del 12.5%. Además, se determinó que el costo por paño de muro anclado en suelos arcillosos asciende a S/. 15,813.81, y el precio por metro lineal de anclaje ejecutado se estableció en S/. 490.22. Estos hallazgos proporcionan valiosa información para la toma de decisiones en futuros proyectos de construcción, destacando la eficiencia del Sistema Last Planner como un enfoque particularmente efectivo.

Palabras clave: Muros anclados, tiempo, costo, suelos arcillosos.

ABSTRACT

The issue addressed in this study focuses on rapid population growth, which has prompted the planning of high-rise structures to maximize utilitarian spaces. Low-cost construction, particularly through anchored walls, has emerged as a prevalent solution in the Peruvian context. The objective was to accurately estimate the time and costs associated with the construction of anchored walls in clay soils. Three different methodologies were adopted: the Last Planner System, Balance Lines and a traditional approach. The results revealed that the implementation of the Last Planner System optimized the initial execution time by 17%, while the Balance Lines methodology showed an improvement of 12.5%. In addition, it was determined that the cost per anchored wall panel in clay soils amounted to S/. 15,813.81, and the price per linear meter of anchoring executed was established at S/. 490.22. These findings provide valuable information for decision-making in future construction projects, highlighting the efficiency of the Last Planner System as a particularly effective approach.

Keywords: anchored walls, time, cost, clay soils.

Recibido: 05/10/2023. Aceptado: 23/11/2023

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: yinmar.ramirez@est.unj.edu.pe

2. Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: lucero.caballero@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En Europa como en Estados Unidos la utilización de muros anclados supone una alternativa económicamente atractiva y optimiza el tiempo de construcción (Valdez, 2011). Asimismo, la falta de una metodología apropiada de control y seguimiento de desarrollo de proyectos civiles ha provocado pérdidas anuales en todo el mundo, convirtiendo a la industria de la construcción en uno de los sectores productivos más ineficientes al ser comparados con sectores como la industria automovilística (PMI, 2017).

En el Perú se inicia a construir muros anclados, con la ejecución del proyecto Club Regatas en Lima, y también se implantó en la construcción del Hotel Oro Verde en Larcomar, entre otros proyectos (Cunza, 2018). Por otro lado, en el país se están ejecutando obras de gran envergadura, las mismas que presentan muchos problemas por incumplir con los plazos, generando la disconformidad de la entidad que licitó estos proyectos (Campos & Guandaña, 2019).

En lo que respecta a nivel Regional – Local, los problemas del sector construcción son muy comunes, en las provincias de Perú no se aplica los nuevos sistemas de planificación, gestión, a comparación de la capital Lima, pues los proyectos se ejecutan de una manera muy artesanal, no existe interés para mejorar los procesos constructivos, por eso se habla de la entrega de las obras a destiempo, baja productividad, pérdidas de tiempo y materiales (Rojas, 2019).

La problemática de la investigación surge a causa del crecimiento acelerado de la población San Ignacia, razón por la cual se ha comenzado a proyectar un desarrollo en el crecimiento vertical de obras de construcción para obtener más espacios de usos, esto no solo implica la construcción hacia arriba, sino que la construcción bajo cota cobra gran importancia, lo que nos conlleva a buscar maneras de realizar las excavaciones de manera segura y eficiente, actualmente el sistema con muros anclados es el más usado en Perú, pero en la provincia de San Ignacio, aún no están familiarizados con la construcción de este tipo de estructuras, por lo tanto, su uso en la construcción del hospital de San Ignacio marca el inicio.

Por ello es que se plantea realizar una estimación del tiempo y costo que genera el construir muros anclados tomando como referencia la construcción del hospital de San Ignacio; acompañado del uso de metodologías de programación de obra como son: Last Planner System y Líneas de Balance, para determinar los beneficios de su uso y generar una base de datos confiable. Esta investigación servirá como referencia para la construcción de proyectos futuros, que presenten condiciones similares a las

planteadas en esta investigación y puedan evaluar que tan conveniente es su uso tanto a nivel de tiempo de ejecución como económicamente.

El objetivo de la investigación fue estimar el tiempo y costo que genera el construir muros anclados en suelos arcillosos tomando como referencia la construcción del hospital de San Ignacio, departamento de Cajamarca, 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La ubicación del área donde se realizó la investigación, es la Construcción del hospital de San Ignacio, que está localizada en el distrito y provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca – Perú (Ver Figura 1).

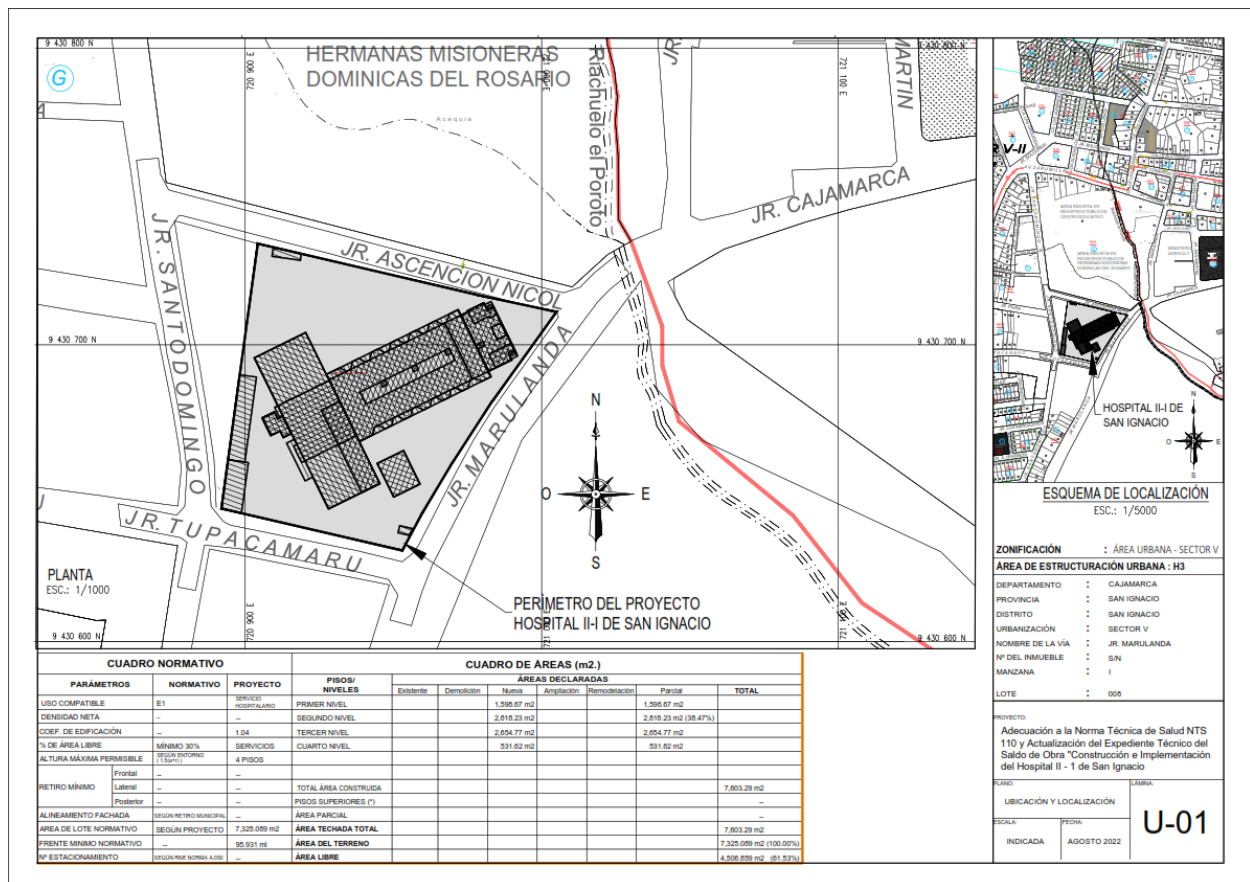


Figura 1. Ubicación de la zona de Estudio.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Análisis documental: Esta técnica permitió la recopilación de data bibliográfica confiable como: tesis, libros, revistas, artículos de investigación, planos de estructura de la edificación y las normas técnicas vigentes.

La observación: Nos permitió hacer apreciaciones de manera visual de la construcción del hospital, se tomó los apuntes necesarios para obtener los rendimientos de mano de obra reales necesarios para elaborar la programación y determinar el tiempo de ejecución.

Instrumentos de recolección de datos

Planos: Este instrumento, permitió determinar los metrados correspondientes de todas las partidas necesarias para la construcción de los muros anclados.

Guías de observación: Este instrumento, permitió registrar los datos a evaluar y analizar de manera clara lo que se muestra alrededor del investigador a fin de obtener los rendimientos reales para elaborar la programación, análisis de precios unitarios, etc.

Metodología de la Investigación

Para realizar la investigación se realizaron los siguientes pasos: se definió el proceso de construcción de muros, se recolectaron los datos de campo, se elaboró la planificación y comparó el uso de las metodologías empleadas, calculándose el costo para la construcción de muros anclados (Ver Figura 2).

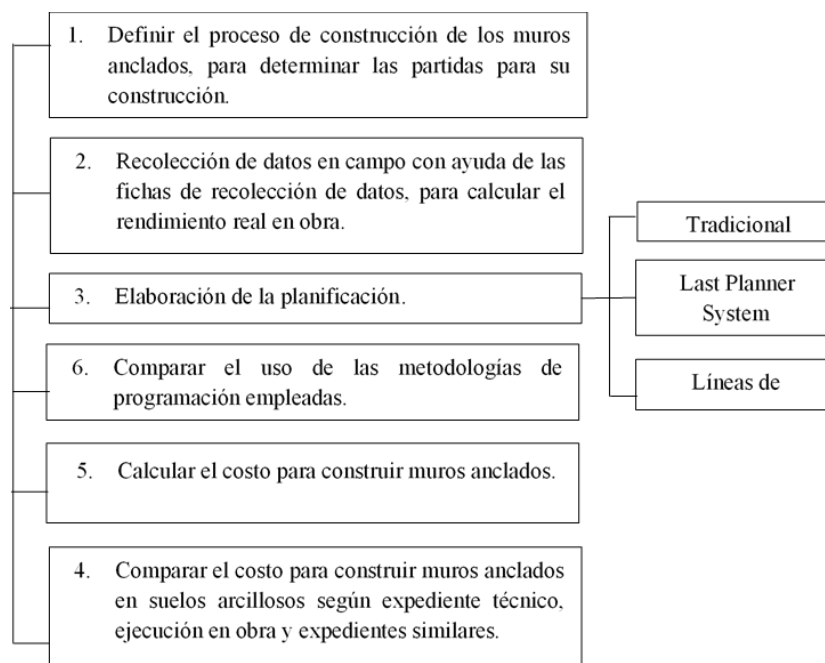


Figura 2. Procedimiento de la investigación

RESULTADOS

La investigación demandó la obtención de datos con respecto a los rendimientos reales durante la ejecución de la obra. Es por esta razón que se procede a exponer, de manera detallada, el resumen específico de dichos rendimientos por partida. La Figura 3 ilustra de manera gráfica los rendimientos reales obtenidos en obra para cada una de las partidas consideradas.

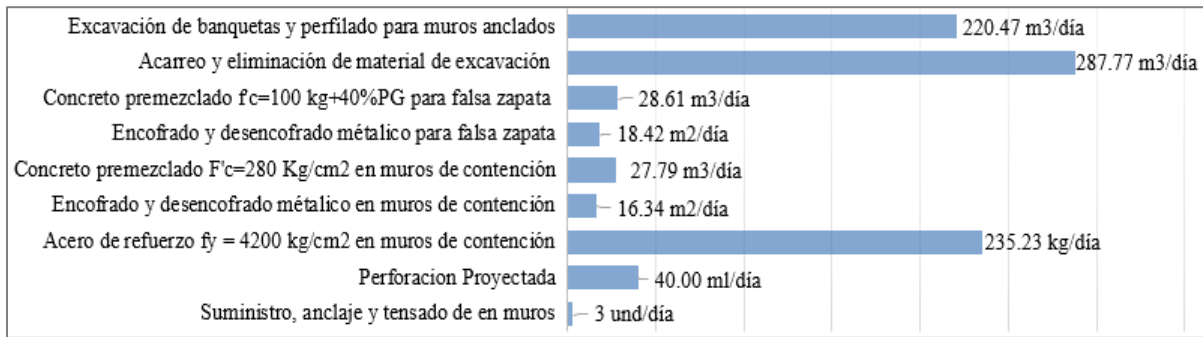


Figura 3. Resumen de los Rendimientos Reales.

Tiempo de construcción de muros anclados

Programación con la metodología Last Planner System

En la fase inicial de la planificación, se elaboró la sectorización, una estrategia que consiste en fraccionar la tarea en segmentos manejables, con el objetivo de asegurar una distribución equitativa en todos los sectores involucrados. La Figura 4, muestra que el anillo 01 ha sido subdividido en cuatro sectores. De manera análoga, se implementó una sectorización idéntica para el anillo 2, garantizando así un enfoque metodológico coherente y uniforme en la distribución de la labor en consideración.



Figura 4. Sectorización para la Construcción de Muros Anclados (Vista en Planta).

La Tabla 2, muestra el plazo de ejecución es de 20 días hábiles mediante el tren de avance de actividades utilizando la metodología Last Planner System.

Tabla 2. Tren de Avance de Actividades.

Descripción de la Actividad	S1							S2							S3							S4	
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Anillo 01																							
Movimiento De Tierras																							
Excavación Masiva Y Eliminación	X								X	X													
Obras De Concreto Simple																							
Encofrado De Falsa Zapata	S1	S2							S3	S4													
Vertido De Concreto En Falsa Zapata		S1	S2							S3	S4												
Desencofrado De Falsa Zapata			S1	S2							S3	S4											
Muros Anclados																							
Perforación E Inyección			S1	S2							S3	S4											
Colocación De Acero				S1	S2						S3	S4											
Encofrado Del Muro					S1	S2						S3	S4										
Vertido De Concreto En Muro					S1	S2						S3	S4										
Desencofrado De Muro						S1		S2					S3		S4								
Tensado Del Muro								S1	S2						S3	S4							
Anillo 02																							
Movimiento De Tierras																							
Excavación Masiva																	X			X			
Muros De Concreto																							
Colocación De Acero																	S1	S2	S3	S4			
Encofrado Del Muro																		S1	S2	S3		S4	
Vertido De Concreto En Muro																		S1	S2	S3		S4	
Desencofrado De Muro De Contención																			S1	S2		S3	S4

Programación con la metodología Líneas de Balance LDB.

Se recopilaron los datos relativos al progreso efectivo de cada partida que abarca los anillos 01 y 02 durante la ejecución de los muros anclados. La obtención de estos datos se llevó a cabo mediante visitas periódicas a la obra, tal como se ilustra detalladamente en la Tabla 3-5.

Tabla 4. Tiempo de cada actividad por paño – Anillo 2.

Actividad		ANILLO 02					
		Excavación	Acarreo y eliminación	Muros de concreto			
				Colocación de acero	Encofrado	Vertido Concreto	Desencofrado
Fecha	Unidad	m3	m3	kg	m2	m3	m2
	Metrado	13	16	419	9	3	9
	Rendimiento	220	287	236	16	28	40
M	23/11/2022	0.50	0.50	2.50	1.50	-	-
J	24/11/2022	-	-	-	1.50	1.00	-
V	25/11/2022	0.50	0.50	2.50	1.50	-	0.90
S	26/11/2022	-	-	2.50	1.50	1.00	-
D	27/11/2022						
L	28/11/2022	0.50	0.50	2.50	1.50	1.00	0.90
M	29/11/2022	-	-	-	1.50	1.00	0.90
M	30/11/2022	-	-	-	-	-	0.90

Tabla 5. Cuadrillas de cada actividad por paño.

Partidas		Cuadrillas				
		Operador Eq. Pesado	Operador Eq. Liviano	Operario	Oficial	Peón
ANILLO 01	Excavación	1	-	-	-	1
	Acarreo y eliminación	3	-	-	-	2
	Encofrado	-	-	2	4	-
	Falsa zapata					
	Vertido Concreto	-	1	2	-	4
	Desencofrado	-	-	2	-	2
	Perforación e Inyección	2	-	-	-	2
	Colocación de acero	-	-	6	6	-
	Muros de concreto					
	Encofrado	-	-	3	3	-
Vertido Concreto	-	1	2	-	4	
Desencofrado	-	-	2	-	2	
Tensado	-	-	2	-	1	
ANILLO 02	Excavación	1	-	-	-	1
	Acarreo y eliminación	3	-	-	-	2
	Colocación de acero	-	-	6	6	-
	Muros de concreto					
	Encofrado	-	-	3	3	-
Vertido Concreto	-	1	2	-	4	
Desencofrado	-	-	2	-	2	

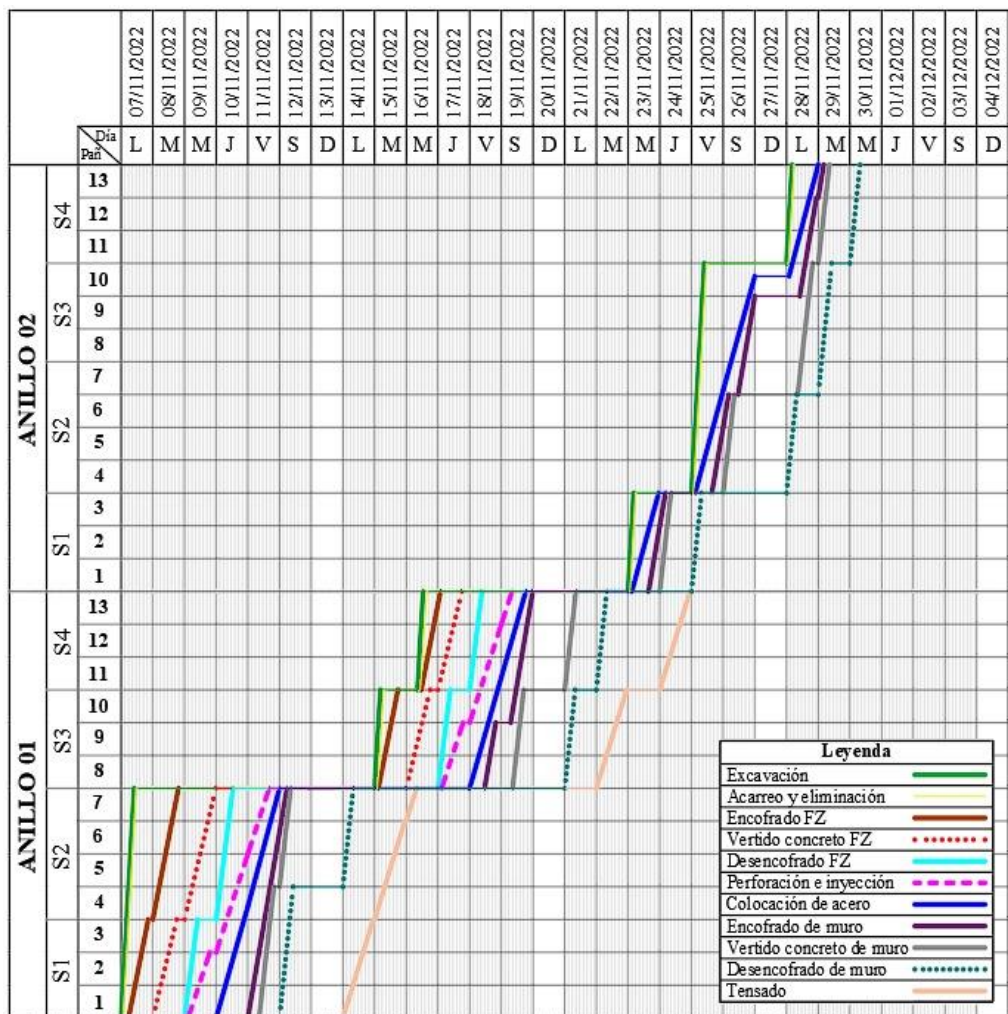


Figura 5. Programación Real con LDB.

De la programación con la metodología líneas de balance (LDB) se obtuvo una duración 21 días (ver Figura 5). Así mismo, a partir de la programación planificada con LDB, se obtienen las velocidades de cada partida, así como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Velocidades del cronograma real de cada actividad por sector.

Cronograma		Real				
Sector		S1	S2	S3	S4	
N° de paños		3	4	3	3	
Unidad		Paños /Hora	Paños /Hora	Paños /Hora	Paños /Hora	
ANILLO 01	Excavación	2.00	2.00	2.00	2.00	
	Acarreo y eliminación	2.00	2.00	2.00	2.00	
	Falsa zapata	Encofrado	0.59	0.59	0.60	0.62
		Vertido Concreto	0.48	0.48	0.48	0.48

	Muros de concreto	Desencofrado	0.91	0.91	0.91	0.91
		Perforación e Inyección	0.34	0.34	0.34	0.34
		Colocación de acero	0.40	0.42	0.41	0.39
		Encofrado	0.67	0.67	0.67	0.67
		Vertido Concreto	1.00	1.00	1.00	1.00
		Desencofrado	1.11	1.11	1.11	1.11
		Tensado	0.37	0.37	0.37	0.37
ANILLO 02	Excavación		2.00	2.00	2.00	2.00
	Acarreo y eliminación		2.00	2.00	2.00	2.00
	Muros de concreto	Colocación de acero	0.42	0.42	0.42	0.42
		Encofrado	0.67	0.69	0.67	0.67
		Vertido Concreto	1.00	1.00	1.00	1.00
Desencofrado		1.11	1.12	1.11	1.11	

Se llevó a cabo un análisis comparativo de las metodologías utilizadas para la estimación del tiempo de ejecución. La Figura 6 revela que la metodología del Sistema Last Planner arroja un tiempo de ejecución de 20 días, en contraste con las demás, las cuales presentan duraciones de 24 y 21 días, respectivamente.

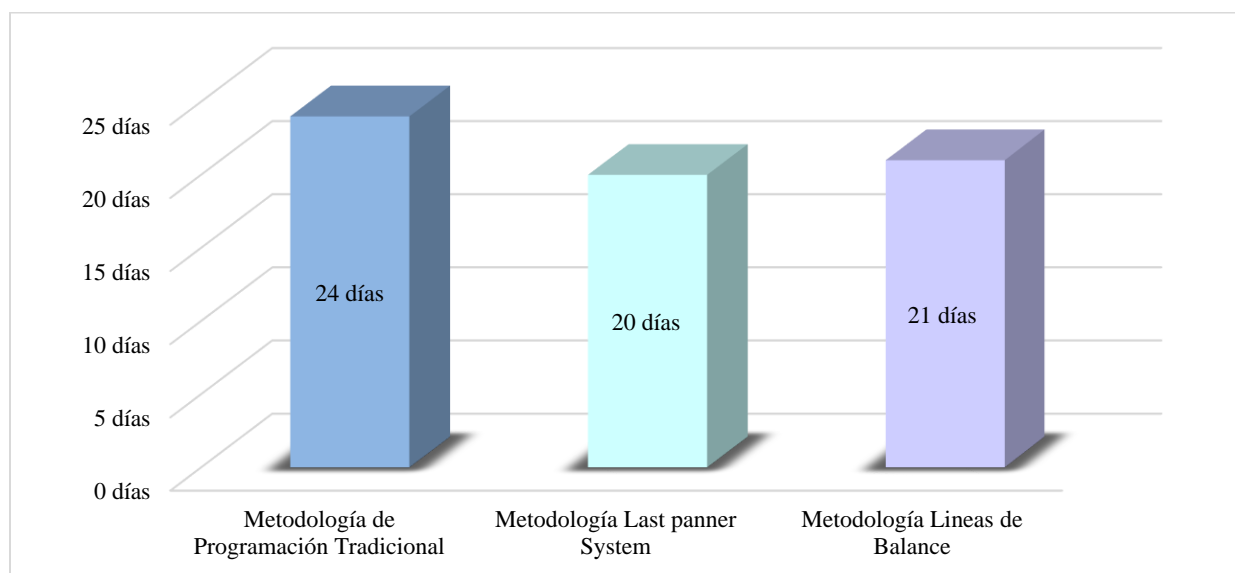


Figura 6. Análisis comparativo del tiempo de ejecución

Costo de construcción de los muros anclados

Para realizar estimar el costo de construcción se elaboró el siguiente presupuesto, en base a los metrados reales en obra y los análisis de precio unitario (ver Tabla 7).

Tabla 7. Presupuesto según ejecución en obra de los muros anclados.

Item	Partidas	Und	Metrado	Precio unitario (s/)	Sub total (s/)
01	Obras provisionales, trabajos preliminares, seguridad y salud				
01.01	Obras preliminares				
01.01.01	Transporte de Maquinaria				
01.01.01.01	Movilización y desmovilización de Equipo Especializado	Glb	1.00	23,665.58	23,665.58
02	ESTRUCTURAS				
02.01.	Movimiento de tierras				
02.01.01	Excavación de banquetas y perfilado para muros anclados	M3	341.47	13.88	4,739.66
02.01.02	Acarreo y eliminación de material de excavación	M3	426.84	24.72	10,551.55
02.02.	Obras de Concreto Simple				
02.02.01	Falsa Zapata				
02.02.01.01	Concreto premezclado f'c=100 kg+40%PG para falsa zapata	M2	94.98	259.49	24,646.10
02.02.01.02	Encofrado y desencofrado metálico para falsa zapata	M3	147.82	69.28	10,240.62
02.03.	Obras de Concreto Armado				
02.03.01	Muros de concreto				
02.03.01.01.	Concreto premezclado f'c=280 Kg/cm2 en muros	M3	95.61	457.37	43,730.70
02.03.01.02.	Encofrado y desencofrado metálico en muros	M2	227.65	72.13	16,419.31
02.03.01.03.	Acero de refuerzo f'y = 4200 kg/cm2 en muros	Kg	10,143.68	7.57	76,835.81
02.03.02.	Anclaje en muros con sistemas mecánico				
02.03.02.01	Perforación Proyectada	M	187.50	236.66	44,373.75
02.03.02.02	Suministro, anclaje y tensado de muros	Und	13.00	3,657.11	47,542.43
Costo directo					302,744.91
Gastos generales		5.87%			17,866.67
Utilidad		6.00%			18,164.69
Total neto en soles (sin IGV)					338,776.27

Para calcular el costo por paño de muro anclado construido, se analizó el paño de mayor dimensión, de medidas de 2.80 metros de Largo, 3.20 metros de Alto y 0.40 metros de espesor (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Costo por paño

Ítem	Descripción	Und	Metrado	P. Unitario s/	Total
02	Estructuras				
02.01.	Movimiento de tierras				
02.01.01	Excavación de banquetas y perfilado para muros anclados	M3	13.44	13.88	186.55
02.01.01.02	Acarreo y eliminación de material de excavación	M3	16.80	24.72	415.30
02.02.	Obras de concreto simple				

02.02.01	Falsa zapata					
02.02.01.01	Concreto premezclado f'c=100 kg+40%pg para falsa zapata	M3	7.28	259.49		1,889.09
02.02.01.02	Encofrado y desencofrado metálico para falsa zapata	M2	8.96	69.28		620.71
02.03.	Obras de concreto armado					
02.03.01.	Muros de concreto					
02.03.01.01.	Concreto premezclado f'c=280 kg/cm2 en muros	M3	3.58	457.37		1,639.22
02.03.01.02.	Encofrado y desencofrado metálico en muros	M2	8.96	72.13		646.24
02.03.01.03.	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2 en muros.	Kg	439.36	7.57		3,328.03
02.03.02.	Anclaje en muros con sistemas mecánico					
02.03.02.01.	Perforación proyectada	M	14.50	236.66		3,431.57
02.03.02.02	Suministro, anclaje y tensado de muros	Und	1.00	3,657.11		3,657.11
Costo por paño						15,813.81

El costo por metro Lineal de anclaje ejecutado, se calculó de la siguiente manera:

Precio unitario = Costo Total ÷ Longitud Total de anclajes

Precio unitario = 91,916.18 ÷ 187.50

Precio unitario = S/. 490.22

En la Tabla 9, se exhibe la ejecución de los muros, abarcando las partidas que ostentan una significativa incidencia económica en cada presupuesto.

Tabla 9. Análisis comparativo del costo de construcción de los muros anclados

Partidas	Realmente ejecutado		A nivel expediente		Edificio camelias	
	Monto s/.	%	Monto s/.	%	Monto s/.	%
Transporte de maquinaria	23,665.58	8%	23,665.58	9%	-	-
Movimiento de tierras	15,290.61	5%	13,748.64	5%	1,796,765.16	34%
Falsa zapata	34,886.72	12%	36,778.89	12%	-	-
Muros	136,985.82	45%	114,538.00	41%	2,688,581.97	51%
Anclaje en muros con sistemas mecánico	91,916.18	30%	91,916.18	33%	801,885.00	15%
	302,744.91	100%	280,647.29	100%	5,287,232.13	100%

DISCUSIÓN

Al utilizar la metodología Last Planner System se logró reducir el tiempo de ejecución 17% menos del tiempo planificado con la metodología tradicional. Por el contrario, Rivera (2020), menciona que al aplicar la misma metodología logró culminar el proyecto 11 días antes del plazo de 120 días, es decir 9% menos del tiempo inicial, asimismo los autores Bonilla et al. (2021) concluyen que al utilizar la metodología Last Planner System lograron culminar el proyecto 18 días antes del plazo de 98 días, es decir 18% menos del tiempo inicial. Esta diferencia se debe a que el proyecto de estudio de Rivera

(2020) consta de 3 anillos, un total de 112 paños anclados y el proyecto de estudio de Bonilla et al (2021) tiene 2 anillos de muros anclados y un anillo con cimiento armado teniendo un total de 23 paños anclados, a diferencia de nuestro proyecto que solo el Anillo 1 es anclado y el segundo anillo es muro de concreto sin anclar, teniendo 13 paños anclados y 13 sin anclar, es por ello que el porcentaje varia pues la envergadura de los proyectos es distinta.

Al aplicar la metodología de programación con líneas de balance se obtuvo que el tiempo de ejecución disminuyó en 12.5% menos de la programación inicial. Este porcentaje es diferente a los hallazgos de los autores Paredes y Torres (2020), que sostienen que al aplicar esta metodología en la construcción del tercer anillo de muros anclados en su proyecto de estudio se redujo el tiempo de ejecución de 11 días hábiles a 10 días, es decir, 9% menos de la programación inicial. De igual manera esta diferencia se debe a que la envergadura del proyecto es distinta, pues la cantidad de anillos analizados y la cantidad de paños a anclar varia, en nuestra investigación se analizaron 2 anillos, 13 paños anclados y 13 paños sin anclar, sin embargo, Paredes y Torres (2020) analizaron solo el tercer anillo que consta de 33 paños.

Con respecto al objetivo, costo, los resultados reflejaron que el precio por metro lineal de anclaje para la ejecución de este proyecto de investigación es de S/.490.22, por el contrario, Huaylla y Rojas (2019), en su investigación establecen que el costo por metro lineal es de S/.335.90, es decir 45.94% menos, ello se debe a la variación de precios causada por la inflación pues existen 4 años de diferencia entre las investigaciones.

Asimismo, se obtuvo que las partidas que mayor porcentaje de incidencia presenta con respecto al presupuesto son las que están relacionadas con la ejecución de los muros de concreto y no la ejecución de los anclajes en sí mismo, esto se contrasta con los hallazgos de Contreras (2021) y tapia (2019), donde indicaron que las partidas de mayor relevancia dentro del presupuesto para la construcción de muros anclados es el encofrado, colocación de acero y vertido de concreto de los muros.

CONCLUSIONES

Se determinó que el tiempo de ejecución de los muros anclados en suelos arcillosos en la construcción del hospital de San Ignacio, fue de 24 días hábiles y el costo de construcción fue de S/. 338,776.27.

Se concluyó que al analizar la programación con la metodología Last Planner System, el tiempo de ejecución de los muros anclados es de 20 días hábiles y al aplicar la metodología de líneas de balance, el

tiempo de ejecución es de 21 días hábiles. Por lo tanto, la utilización de metodologías de planificación optimiza los tiempos de ejecución.

Se determinó que la programación con líneas de balance muestra de manera visual la ejecución del proyecto dando como resultado un producto gráfico de localización vs tiempo y se enfoca en planificar teniendo en cuenta las actividades predecesoras, ritmo de trabajo, tiempo entre cada actividad, mientras que en la metodología Last Planner System nos enfocamos en mitigar los desperdicios y las restricciones, con el fin de maximizar la productividad. Por otra parte, la planificación con la metodología Last Planner System es colaborativa, por el contrario, la metodología tradicional es desarrollada únicamente bajo la experiencia de la persona encargada sin intervención de todas las partes involucradas.

El costo por paño de construcción de los muros anclados en suelos arcillosos de la construcción del hospital de San Ignacio resultó S/. 15,813.81 y el precio por metro lineal de anclaje ejecutado son de s/. 490.22.

El costo real de la ejecución de los muros anclados fue el 8% más de lo que se había establecido a nivel de expediente, esto se debió a que el análisis de precio unitario (APU) de la partida excavación de banquetas y perfilado para muros anclados aumento en 36%, porque su rendimiento disminuyó en 27%. Asimismo, el APU de la partida encofrado y desencofrado de muros aumento en 1%, porque el encofrado que se empleó en la construcción de los muros anclados fue metálico mientras que en el expediente se planteó de madera y en el APU de la partida Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en muros aumento en 51%, porque en el análisis de precio unitario del expediente no se había considerado la sub partida de colocación de acero, así mismo el precio del alambre negro varía de S/ 3.36 a S/.8.30.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, J., Carrazco, W., y Sánchez, C. (2021). *Integración de los métodos Last Planner® System y Earned Value Management en la construcción de muros anclados con el método “pachamanca”, caso del “edificio multifamiliar liri”, distrito de Pueblo Libre, provincia y departamento de Lima* [Tesis de postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/659908>.
- Campos, C., y Gaudaña, O. (2019). *Implementación del sistema Last Planner en construcción de puentes metálicos caso: construcción de puente Muyuna* [Tesis de postgrado, Universidad Peruana de

- Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/648611>.
- Contreras, R. (2021). *Factibilidad Técnico - Económico de la construcción de muro anclado y muro diafragma como sistema de contención en obras civiles sometidas a carga vertical tomando como referencia al edificio insignia de la USIL* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de la Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/cf4f6e6a-dfaa-4226-9cf7-2de3c60928f3/full>.
- Huaylla, A., y Rojas, K. (2019). *Optimización del diseño de anclajes mediante la técnica de elementos finitos en excavaciones profundas para edificaciones en Lima* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional de Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/6d78ce30-0aef-4004-a612-ff0d41e57f48>
- Paredes, S., y Torres, H. (2020). Programación de la construcción del tercer anillo de muros anclados de una edificación aplicando el método de líneas de balance. *SCIELO, Investigación & Desarrollo*, 20(1), 173-192. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100013.
- PMI. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®) (Sexta ed.) https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/pmbok-standards/pmbok-guide-6therrata.pdf?v=66712958-a626-47f6-b285-b3f24cf29dc4&sc_lang_temp=esES.
- Rivera, E. (2020). *Aplicación de la teoría del último planificador en una obra de excavación masiva y muros pantalla* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3267195>
- Tapia, F. (2019). *Comparación entre el diseño estructural de un muro pantalla con anclaje y un muro pantalla sin anclaje* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31977>
- Valdez, P. (2011). *Manual de Diseño y Construcción de Muros Anclados de Hormigón Proyectado* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Institucional de la Universidad San Francisco de Quito. <https://docplayer.es/13965251-Universidad-san-francisco-de-quito-manual-de-diseno-y-construccion-de-muros-anclados-de-hormigon-proyectado-pedro-valdez.html>.