

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADOPCIÓN DE  
ELEMENTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Claudia Karina Torres Romero

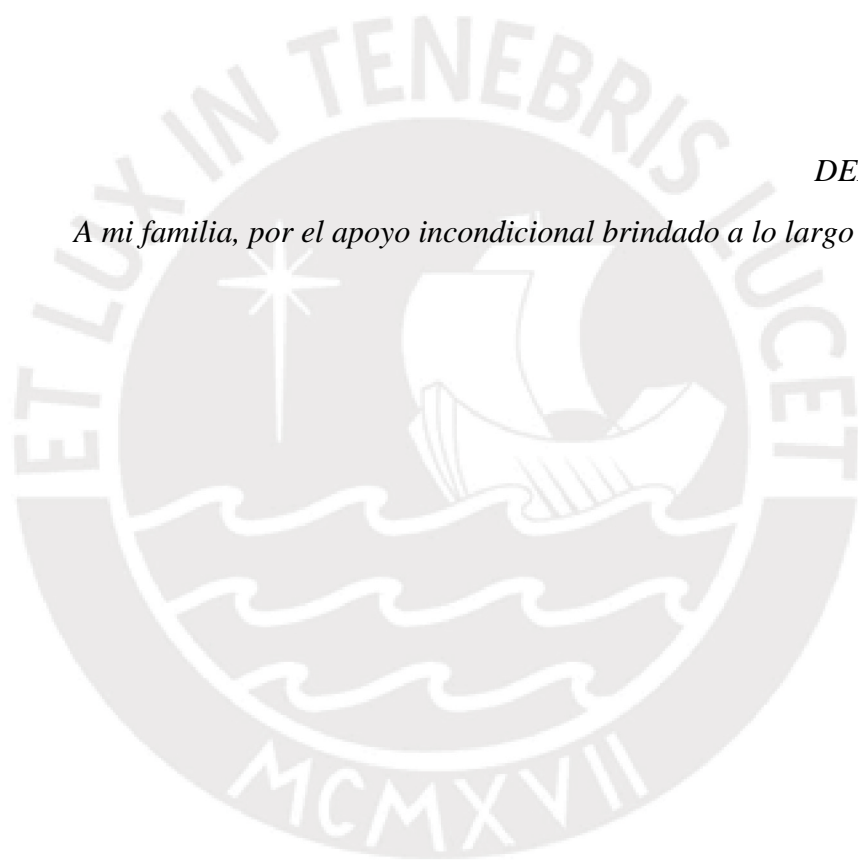
**ASESOR:**

Dr. Danny Eduardo Murguía Sánchez

Lima, Marzo, 2022

## RESUMEN

El sistema constructivo predominante actual en el Perú presenta muchas falencias, tales como el exceso de mano de obra, los reprocesos y la pérdida de material. Como alternativa de mejora, el sistema constructivo con prefabricados es capaz de solventar las necesidades actuales, presentando mayores ventajas en plazos de ejecución, mano de obra, calidad, productividad, entre otros indicadores. No obstante, la adopción de este sistema aún no es significativa en el país a pesar de todos los beneficios que presenta. A lo largo de la investigación se presentan diversos estudios que evidencian que la adopción de elementos prefabricados genera grandes beneficios en la construcción, lo que a su vez aumenta el nivel de productividad en el sector a nivel nacional. Así también se presenta data recopilada de profesionales en el rubro obtenida a partir de entrevistas semi estructuradas a ingenieros estructurales, constructores y proveedores de elementos prefabricados conociendo su experiencia pre y post pandemia, generando un modelo de adopción validado y expandido con datos empíricos. A partir de ello, se pudo conocer que uno de los principales motivos por el cual se presenta una baja adopción de prefabricados en la industria es por la falta de difusión que existe sobre el tema. El problema nace a partir de la falta de educación desde la etapa universitaria, siendo este el factor más influyente según los estudios realizados. En la presente investigación se brindará una serie de recomendaciones y conclusiones, identificando finalmente los factores y barreras influyentes en la adopción de prefabricados de concreto, con el fin de que puedan ser gestionados por los tomadores de decisiones para promover su adopción.



*DEDICATORIA:*

*A mi familia, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de estos años*

## Índice

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Preguntas de investigación.....	2
1.4. Hipótesis.....	2
1.5. Justificación .....	3
CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA.....	4
2.1. Situación actual .....	4
2.2. Prefabricados.....	6
2.2.1. Definición de prefabricados .....	6
2.2.2. Clasificación de prefabricados .....	7
2.2.3. Antecedentes .....	10
2.2.4. Estado de adopción de los prefabricados en los últimos años .....	12
2.3. Comparación del uso de prefabricados y del concreto vaciado en obra .....	18
2.4. Ventajas y desventajas de prefabricados.....	24
2.4.1. Ventajas.....	24
2.4.2. Desventajas .....	25
2.5. Marco de trabajo TOE.....	25
2.6. Estudios previos sobre factores que influyen en la adopción de prefabricados .....	28
2.7. BIM .....	40
2.7.1. Conceptos básicos .....	40
2.7.2. BIM aplicado a la prefabricación.....	41
2.8. Lean Construction .....	42
2.8.1. Conceptos básicos y principios .....	42
2.8.2. Prefabricados bajo el enfoque <i>lean project delivery system</i> .....	43
2.9. Modelo de adopción de prefabricados basado en TOE.....	45
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	50
3.1. Revisión literaria .....	50
3.2. Diseño de la investigación .....	50
3.4. Procesamiento de información y análisis de resultados.....	51
3.5. Discusión de resultados.....	51
3.6. Conclusiones y recomendaciones .....	51

CAPÍTULO 4: DISEÑO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	53
4.1. Diseño de entrevistas .....	53
4.2. Recolección de información.....	54
CAPÍTULO 5: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
5.1. Procesamiento de información.....	57
5.2. Análisis de resultados.....	68
CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
6.1. Factores de entorno .....	73
6.1.1. Educación.....	73
6.1.2. Mitos y paradigmas.....	73
6.1.3. Pandemia mundial.....	75
6.1.4. Falta de difusión.....	75
6.1.5. Falta de apoyo gubernamental .....	76
6.1.6. Cambios en obra.....	76
6.1.7. Falta de oferta y demanda .....	77
6.1.8. Restricciones sociales .....	77
6.1.9. Falta de normativa peruana .....	78
6.1.10. Bajo costo de mano de obra.....	79
6.1.11. Conocimiento técnico .....	79
6.1.12. Sostenibilidad.....	80
6.1.13. Falta de conexión interempresarial .....	80
6.2. Factores organizacionales .....	81
6.2.1. Falta de ingeniería de valor en etapas tempranas.....	81
6.2.2. Falta de maquinarias .....	81
6.2.3. Interdependencia de empresas proveedoras .....	82
6.3. Factores tecnológicos .....	83
6.3.1. Reducción de plazos.....	83
6.3.2. Reducción de mano de obra.....	83
6.3.3. Aplicación de la tecnología BIM .....	84
6.3.4. Tergiversación del sistema de prefabricación.....	85
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES .....	86
7.1. Conclusiones (respondiendo a preguntas de investigación y objetivos).....	86
7.2. Conclusiones (respondiendo a la importancia de la investigación para el sector)....	87

7.3. Recomendaciones..... 88  
REFERENCIAS ..... 89



## Índice de tablas

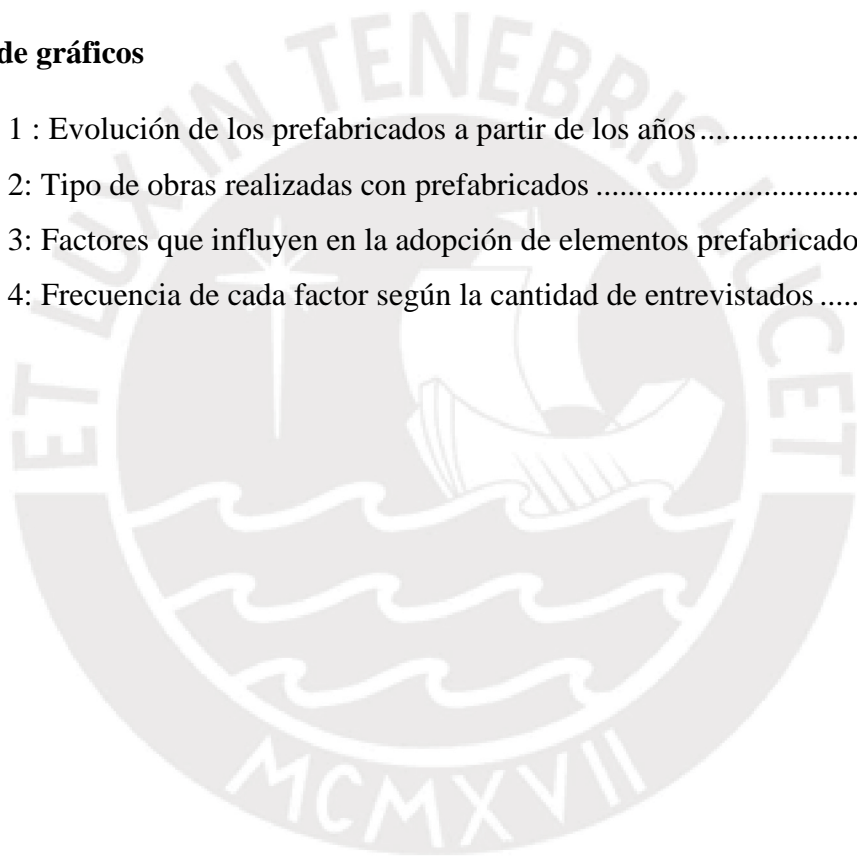
Tabla 1: Variación porcentual del PBI .....	5
Tabla 2: Clasificación de prefabricados según su uso .....	9
Tabla 3: Obras con prefabricados en los últimos 10 años .....	13
Tabla 4: Empresas de prefabricados en el mercado peruano .....	17
Tabla 5: Comparación de volumen de concreto premezclado y prefabricado .....	17
Tabla 6: Diferencia de pesos .....	19
Tabla 7: Diferencia de f'c .....	19
Tabla 8: Diferencia de volúmenes de concreto .....	20
Tabla 9: Diferencia de costos por m <sup>2</sup> .....	20
Tabla 10: Diferencia en la duración de actividades .....	20
Tabla 11: Diferencia de cantidad de desperdicio .....	20
Tabla 12: Comparación del tiempo con diferentes alternativas de construcción. .	22
Tabla 13: Comparación de costos directos con diferentes alternativas de construcción	22
Tabla 14: Comparación de alternativas de construcción .....	23
Tabla 15: Cuadro comparativo entre las características de la construcción convencional y la construcción con prefabricados .....	23
Tabla 16: Factores que afectan el avance de un proyecto .....	28
Tabla 17: Factores que influyen en la adopción de prefabricados .....	30
Tabla 18: Factores que influyen en la adopción de prefabricados .....	31
Tabla 19: Comparación sísmica entre el sistema convencional y prefabricado ....	34
Tabla 20: Escenarios ante la implementación de prefabricados .....	35
Tabla 21: Barreras que influyen en la adaptación de prefabricados .....	36
Tabla 22: Prefabricación y Lean Construction .....	39
Tabla 23: Resumen de entrevistados .....	55
Tabla 24: Factores encontrados según las entrevistas .....	57
Tabla 25: Conteo de los factores encontrados según entrevistas .....	68
Tabla 26: Porcentajes obtenidos de los factores según la cantidad de entrevistados	70
Tabla 27: Comparación de factores según la literatura y el juicio de expertos .....	72

## Índice de Figuras

Figura 2: Producto bruto interno y demanda interna, 2008_1-2020-III .....	6
Figura 3: TOE FRAMEWORK.....	27
Figura 4: Factores que influyen en la adopción de prefabricados .....	37
Figura 5: Factores que influyen en la adopción BIM .....	38
Figura 6: Lean Project Delivery System .....	44
Figura 7: Marco de trabajo TOE .....	48
Figura 8: Metodología de la investigación .....	52
Figura 9: Diseño de entrevistas .....	54

## Índice de gráficos

Gráfico 1 : Evolución de los prefabricados a partir de los años .....	15
Gráfico 2: Tipo de obras realizadas con prefabricados .....	16
Gráfico 3: Factores que influyen en la adopción de elementos prefabricados .....	69
Gráfico 4: Frecuencia de cada factor según la cantidad de entrevistados .....	71





## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

El vaciado in situ ha sido el sistema constructivo predominante por muchos años en el sector construcción. Sin embargo, muchos estudios han demostrado que el nivel de productividad obtenido usando este sistema, presenta cifras desalentadoras. Flores & Ramos (2018) afirman que solo el 27.6% del trabajo realizado en obra, pertenece a trabajo productivo, siendo estos valores menores al compararse con los porcentajes obtenidos entre trabajo contributivo y no contributivo (72.4%) (Flores & Ramos, 2018).

Según el INEI (2017), los valores de productividad promedio en el sector construcción no superan el 17.3% de la productividad total del país. Este resultado presenta un incremento respecto de los años anteriores; sin embargo, ubica al Perú en uno de los últimos puestos de la Alianza del Pacífico en cuanto a productividad (23%) por debajo de Chile (44%), México (35%) y Colombia (25%) (Peñaranda, 2018).

Por lo anterior, Perú como un país en vías de desarrollo necesita adoptar nuevas medidas innovadoras que permitan superar las cifras antes presentadas. Para Koskela (2003), la construcción con prefabricados en los países más desarrollados ha remplazado la lenta construcción tradicional (Koskela, 2003). Sin embargo, en Perú existen muchos factores que influyen en su adopción a gran escala. El desconocimiento de sus beneficios, así como falsos paradigmas representan las principales barreras que se deben superar en la industria.

Existen diversos estudios, presentados a lo largo de la investigación, que evidencian que la adopción de elementos prefabricados son más beneficiosos debido a los impactos positivos que generan. Algunos de estos son la reducción de mano de obra, reducción de tiempos de construcción, entre otros, siendo estos factores esenciales para cumplir con las medidas establecidas por el gobierno tras la llegada de la COVID 19.

En el presente trabajo se darán a conocer los factores que influyen en la adopción de prefabricados de concreto, presentando estudios pasados, así como data recopilada de profesionales en el rubro, conociendo su experiencia trabajando con prefabricados, pre y post pandemia. A partir de esta data se brindará una serie de recomendaciones y conclusiones, identificando finalmente los factores y barreras que pueden ser gestionados por los tomadores de decisiones, para promover su adopción.

## 1.2. Objetivos

### Objetivo general:

- Formular un modelo de adopción de elementos prefabricados de concreto en la industria de la construcción.

### Objetivos específicos:

- Evaluar el estado de adopción de prefabricados de los últimos 10 años en el Perú.
- Desarrollar un marco conceptual de la adopción de prefabricados en la industria de la construcción.
- Validar el modelo de adopción de prefabricados.

## 1.3. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los factores que determinan el nivel de aceptación de uso de prefabricados?
- ¿Cuáles son las barreras que se deben superar para maximizar la adopción de prefabricados en Perú?
- ¿Cuáles son los beneficios que aporta la implementación de prefabricados en el sector construcción?

## 1.4. Hipótesis

- Los profesionales en construcción estarían dispuestos a implementar prefabricados debido a la mejora que esto significaría en cuanto a reducción de personal y tiempo de ejecución.
- La cultura arraigada de vaciado in situ de concreto y el desconocimiento de las ventajas de los prefabricados, representan las principales barreras para la adopción.
- La adaptación de prefabricados beneficia al sector construcción debido a la cantidad de indicadores que mejora y a la facilidad que implica su colocación.

## 1.5. Justificación

En los últimos años en el sector construcción peruano, la falta de automatización en los procesos constructivos tradicionales generan pérdidas de material, retrabajos y exceso de mano de obra. Asimismo, en el último periodo del 2019 y durante el 2020 el sector construcción también se ha visto afectado por la pandemia mundial de la Covid 19, debido a que demanda el distanciamiento social obligatorio y la reducción del número de personas en espacios transitados. Por lo anterior, la industria se ve en la necesidad de reestructurar el sistema constructivo tradicional, teniendo como opción maximizar el uso de prefabricados para afrontar los problemas presentados. Es por eso por lo que en el presente trabajo se darán a conocer los factores que influyen en la adopción de prefabricados de concreto, con el fin de que puedan ser gestionados por los tomadores de decisiones para promover su adopción.



## **CAPÍTULO 2: REVISIÓN LITERARIA**

En este capítulo, se brindará información importante acerca de la situación actual que se vive tras la pandemia mundial y cómo ésta afecta al sector construcción. Asimismo, se darán a conocer conceptos básicos de prefabricados, así como filosofías y metodologías que potencian sus beneficios. Por último, se presentarán estudios y se realizarán comparaciones entre el sistema tradicional de vaciado in situ y los prefabricados, determinando finalmente los factores que influyen en la adopción de dichos elementos.

### **2.1. Situación actual**

A pesar de que las cifras del PBI anual del sector construcción son bajas en comparación con otros sectores, la industria de la construcción se ha posicionado en los últimos años como uno de los principales dinamizadores del crecimiento económico del Perú. Esto se debe, a que existe gran cantidad de proyectos públicos y privados, tales como la construcción de edificios de vivienda, centros comerciales, carreteras, centrales hidroeléctricas, proyectos de ampliación, centros mineros, etc. (Palomino et al., 2016).

El año 2019 fue productivo para el país, ya que según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se registró un crecimiento de 2.16% en la economía nacional, logrando en el sector construcción un aumento de la producción en casi todos los meses, manteniendo el porcentaje de PBI alcanzado en el 2018 (5.9%). Es así como dicho sector se ha venido recuperando de la caída que sufrió en el periodo 2015 - 2016 debido a la menor inversión en el avance físico de obras (26.27%) y a la disminución del consumo interno de cemento (5.73%). A finales del 2016 se obtuvo un PBI del 5.8%, lo que representó una gran reducción comparado con el año 2014 (6.8%), desde entonces se ha tratado de recuperar los valores de producción logrando obtener en el 2019 un PBI de 5.9% (INEI, 2020).

A continuación, se muestra una tabla que indica los valores de variación porcentual del PBI mensual desde el año 2014 hasta octubre del 2019.

Tabla 1: Variación porcentual del PBI

El índice mensual de la actividad en el sector construcción (PBI de construcción), mide el dinamismo de sus actividades. El sector construcción, participa con el 5.6% del índice de la producción nacional. La información sobre la actividad constructora tiene una cobertura nacional y el cálculo se realiza mensualmente. La estimación oficial la publica el INEI con 45 días (mes y medio) de retraso.												
Variación porcentual (%) respecto a igual mes del año anterior												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2019	4.58% ↑	9.00% ↑	-0.23% ↓	5.77% ↑	8.73% ↑	13.63% ↑	0.76% ↑	4.53% ↑	3.84% ↑	1.18% ↑		
2018	7.84% ↑	7.92% ↑	0.03% ↑	10.55% ↑	9.92% ↑	2.24% ↑	5.03% ↑	-0.09% ↓	-2.90% ↓	8.71% ↑	13.54% ↑	4.58% ↑
2017	-5.26% ↓	-6.89% ↓	-3.81% ↓	-8.00% ↓	-3.91% ↓	3.49% ↑	3.80% ↑	4.78% ↑	8.90% ↑	14.25% ↑	5.33% ↑	6.62% ↑
2016	-2.67% ↓	5.37% ↑	3.45% ↑	1.36% ↓	5.55% ↑	-3.78% ↓	-7.53% ↓	1.33% ↑	-3.81% ↓	-16.51% ↓	-8.60% ↓	-4.19% ↓
2015	-2.98% ↓	-9.88% ↓	-7.75% ↓	-8.57% ↓	-13.56% ↓	-3.15% ↓	-6.69% ↓	-8.12% ↓	-4.87% ↓	-1.26% ↓	-6.57% ↓	0.08% ↑
2014	3.20% ↑	9.78% ↑	3.06% ↑	-8.89% ↓	4.75% ↑	3.13% ↑	-6.02% ↓	-3.73% ↓	6.93% ↑	-3.18% ↓	3.68% ↑	4.98% ↑

Fuente: INEI/Dirección Nacional de Indicadores Económicos

↑ Producción subió ↓ Producción bajó

Elaboración: MVCS - OGEI - Oficina de Estudios Estadísticos y Económicos

Tomado de INEI/ Dirección Nacional de Indicadores Económicos, 2020

Para el año 2020, la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) estimó una demanda de 20000 viviendas nuevas solo en Lima Metropolitana, lo que representaba un incremento del 11% en relación con el año anterior. Así también, se estimaba que la producción crecería un 5.3% según el Banco Central de Reserva (BCR) y un 6.5 % según la Cámara de Comercio de Lima (CCL) (De La Piedra, 2020).

Sin embargo, con la llegada de la pandemia mundial Covid 19, estas estimaciones se han visto afectadas debido a las paralizaciones obligatorias de todas las obras en el sector por el estado de emergencia impartido por el gobierno. Esta paralización se ve reflejada en altos niveles de desempleo ya que según el INEI (2020), la construcción sostiene a más de un millón de trabajadores y a más de 85 mil empresas entre constructoras e inmobiliarias. Así también, genera pérdidas de venta y penalidades en casos de retraso de obra (De La Piedra, 2020).

Cabe resaltar que la inversión en construcción genera un efecto multiplicador en la economía, dinamizando a su vez otros sectores. A continuación, se presenta una ilustración que detalla el producto bruto interno (PBI) desde el año 2008, hasta el tercer trimestre del 2020. En esta se visualiza como ha disminuido el PBI debido a la pandemia mundial, registrando una caída de 9.4%, siendo esta la más grande en los últimos tiempos.

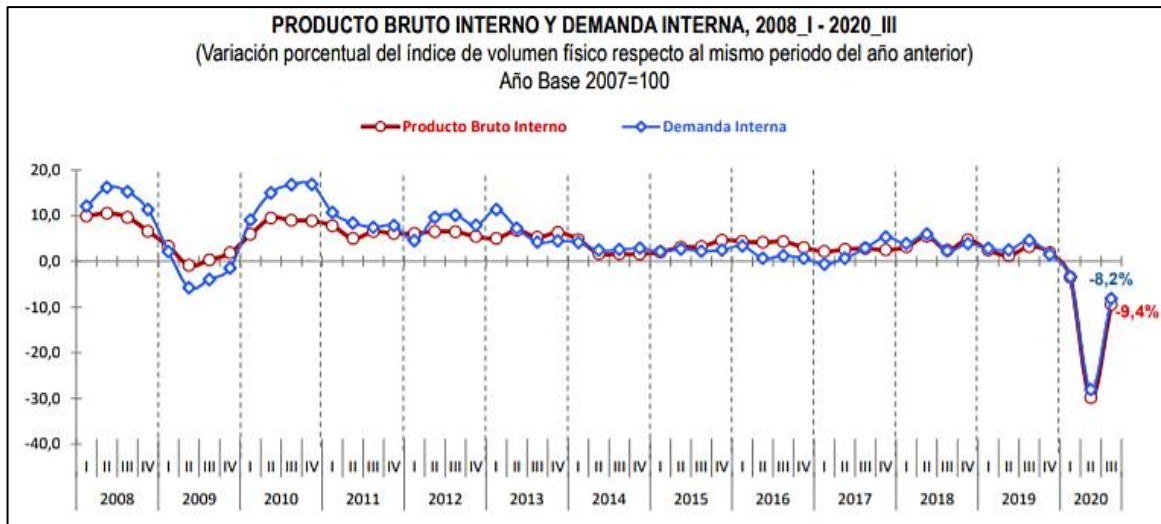


Figura 1: Producto bruto interno y demanda interna, 2008\_I-2020-III

Tomado de INEI (2020)

Para lograr regresar a las actividades laborales y reactivar el sector, el ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Rodolfo Yáñez, señaló que el sector construcción debe reanudar sus labores a una capacidad operativa menor al 50%, cumpliendo con los protocolos necesarios para establecer un ambiente adecuado de trabajo (Gestión, 2020).

Algunas de las medidas impuestas para la reactivación de la industria son reducir la cantidad de mano de obra, reducir el tiempo de ejecución del proyecto, identificar a la población operativa, mantener una distancia mínima de 1.5m, entre otras. Es por ello por lo que una de las soluciones para facilitar este proceso es maximizar la adopción de prefabricados en las obras, ya que se adapta a esta coyuntura desde el proceso de fabricación hasta la instalación, necesitando una reducida mano de obra y un mínimo tiempo de instalación (UNICON, 2020).

## 2.2. Prefabricados

### 2.2.1. Definición de prefabricados

Los prefabricados de concreto son elementos producidos en un lugar diferente a su colocación que luego son transportados, izados, montados y ensamblados en su lugar definitivo, de manera que conformen la estructura completa (Maspons, et. al. 1987).

La mayor parte de la producción de prefabricados es realizada en fábricas para luego ser transportada a su lugar de colocación. Sin embargo, debido a factores económicos y geográficos, algunas empresas optan por realizar dicha producción en el sitio de construcción o cerca al mismo.

En el proceso de fabricación, el concreto fresco se vierte en los moldes definidos previamente según las solicitudes y especificaciones del proyecto, luego al desmoldarse, pasan por un control de calidad, almacenándose finalmente a la espera de su transporte a obra (Nuteco, 2019).

Hoy en día, la prefabricación se define como la “industrialización de la construcción de concreto”, en otras palabras, significa la aplicación de técnicas de producción en instalaciones de alto rendimiento, con un control de calidad adecuado y eliminación de incertidumbres, permitiendo mejores acabados, reducción de plazos y optimización de mano de obra (López & Fernández-Ordóñez, 2015).

Según Cabrera (2020), el sector construcción presenta una baja productividad a nivel mundial debido a su poca innovación a pesar de tener las herramientas para lograrlo. Tiene conflictos entre el sector público y privado, cuenta con regulaciones que no favorecen al éxito de los proyectos, mantiene esquemas contractuales obsoletos, entre otros problemas que no permiten el desarrollo de la industria (Cabrera, 2020).

Para contrarrestar lo anterior los prefabricados son una solución industrializada aplicable a cualquier tipo de proyecto, dicho sistema garantiza una forma segura y eficiente de aumentar la productividad del sector.

### 2.2.2. Clasificación de prefabricados

#### ○ Según su peso y dimensión (BIMmx, 2018)

Este tipo de clasificación es usada mayormente en la industria. Las empresas que se dedican a este rubro basan sus prefabricados según el peso y la dimensión de los elementos a comercializar, estos pueden ser:

- **Livianos:** Se caracterizan por ser elementos pequeños y de poco peso (no mayor a 30 kg) que pueden ser colocados manualmente requiriendo un personal mínimo.
- **Semipesados:** Para este tipo de elementos se requiere de maquinaria extra (poleas, palancas, etc.) ya que se trabaja con piezas de aproximadamente 500 kg.
- **Pesados:** Para la colocación de este tipo de elementos es necesario el uso de maquinaria pesada y especializada, ya que se trabaja con piezas de más de una tonelada de peso.

#### ○ Según su fabricación o tipo de refuerzo

Este tipo de clasificación es usada mayormente por los calculistas. Esto les permite determinar el tipo de refuerzo que va a tener el elemento y definir de manera adecuada las características de este.

- **Simple:** Es un tipo de prefabricado que no lleva refuerzo, usualmente es utilizado en muros de contención.
- **Presforzado:** Este tipo de prefabricados presenta acero de refuerzo que permite producir esfuerzos y deformaciones que contrarrestan los esfuerzos producidos por cargas gravitacionales (Anippac, 2000).

El manual de Anippac (2000), clasifica el presforzado en el elementos pretensados y postensados:

- ❖ **Pretensados:** En los elementos pretensados los tendones de refuerzo son instalados y tensados según las especificaciones técnicas antes de realizar el vaciado de concreto. Es de suma importancia tener moldes que soporten la fuerza del presfuerzo durante el vaciado y curado del concreto hasta que desarrolle la resistencia mínima. Una vez culminado ese proceso, se procede a liberar los esfuerzos de tensión, logrando finalmente la compresión necesaria para que dicho elemento soporte las cargas impuestas.
- ❖ **Postensados:** En los elementos postensados los tendones son colocados a través de ductos para luego ser rellenados con mortero o lechada. Son tensados una vez que el concreto este completamente endurecido y son anclados a los extremos para asegurar una correcta tensión en el acero de refuerzo. Es así como se debe lograr la resistencia a compresión necesaria para que dicho elemento soporte las cargas impuestas.
- ❖ **Fibras metálicas o de vidrio:** Este tipo de refuerzo genera que el elemento pueda resistir esfuerzos de tracción. Las fibras de vidrio poseen un módulo de elasticidad bastante elevado, sin embargo, no llega a superar al del acero. Así también, dichas fibras disminuyen el agrietamiento ya que inhiben la humedad en el concreto y proporcionan mayor resistencia ante impactos (Osorio, 2020).

○ **Según su uso**

Este tipo de clasificación es usada mayormente para el entendimiento de los usuarios. De esta manera se encasillan los elementos prefabricados según la siguiente tabla:



Tabla 2: Clasificación de prefabricados según su uso

INFRAESTRUCTURA	VIAL	Vigas para puentes vehiculares y peatonales
		Alcantarillas
		Dovelas para túneles
		Muros New Jersey
		Bajantes de taludes
		Muros de tierra armada
		Durmientes
	URBANA	Adoquines
		Postes
		Bordillos
		Mobiliario urbano
		Ductos, 2 vías, 3 vías, 4 vías
		Cercos perimétricos
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	Dovelas y canales de riego	
	Tubos (simples, reforzados, pipe jacking)	
	Box culvert	
	Buzones	
	Cajas de registro y condominales	
EDIFICACIONES	HOSPITALES	Losas alveolares
		Vigas
		Columnas
		Zapatas y cimientos
		Prelosas pretensadas
		Losas doble T
		Escaleras
		PROYECTOS INDUSTRIALES
	Losas alveolares y fachadas	
	Celosías y prelosas	
	Zapatas	
	PROYECTOS EDUCATIVOS	Viguetas
		Vigas
		Columnas
		Fachadas
		Prelosa armada, pretensada
	PROYECTOS RESIDENCIALES	Viguetas
		Vigas
		Prelosas armada, pretensada
		Viguetas

- **Viguetas:** Se utilizan con el fin de reducir costos, optimizar tiempos y aumentar la calidad que se pierde al construir con una losa aligerada común. Este elemento transmite las cargas de gravedad hacia las vigas y asegura el correcto comportamiento ante sismos (Firth industries, 2004).
- **Muros:** Son elementos fabricados en una planta y trasladados a una obra para su colocación. Son caracterizados por brindar una gran rigidez y por tener una calidad

mayor a los muros construidos in situ. Cumplen diferentes funciones, pueden utilizarse como muros de contención, como muros perimetrales, etc. Los muros de contención son utilizados para contener el terreno en la construcción de obras, mientras que los perimetrales se utilizan para la delimitación de propiedades (SOLIACERO, 2017).

- **Vigas:** Las vigas prefabricadas son elementos de concreto que constituyen productos standard con un adecuado control de producción y calidad, ejecutados como instalaciones fijas. Para su transporte se deben extremar los cuidados ya que al tratarse de elementos de gran dimensión se pueden presentar deterioros en su llegada a la obra (INGEPLAN, 2014).
- **Columnas:** Las columnas prefabricadas son comunes en edificaciones de mediana altura debido a la calidad que poseen y a la rapidez con la que son construidas y montadas. Es conveniente pretensar las columnas solo cuando la columna esté sujeta a grandes momentos y las cargas verticales no posean grandes valores (Anippac, 2000).
- **Losas alveolares:** Son también llamadas losas aligeradas usadas en entrepisos, fachadas o cubiertas en edificaciones. Acompañada de una losa firme, generan un comportamiento monolítico en la losa dándole un efecto de diafragma. Así también, evita filtraciones de agua debido a que cubre las fisuras en los elementos (Anippac, 2000).

### 2.2.3. Antecedentes

El origen de prefabricados se remonta a la segunda mitad del siglo XX, a partir de una patente entregada a Joseph Aspdin en 1824. Desde ese momento la construcción con prefabricados ha evolucionado en todo el mundo de forma progresiva, experimentando muchos cambios, adaptándose a la creación de nuevas máquinas y creando elementos capaces de ajustarse a cualquier tipo de obra civil, logrando finalmente ser parte de la construcción de importantes proyectos ingenieriles (López & Fernández-Ordóñez, 2015). Es así como se originó un aumento de la demanda de prefabricados para lograr afrontar las necesidades de ejecución rápida, tales como viviendas, escuelas, universidades, centros comerciales, etc. (López & Fernández-Ordóñez, 2015).

En los años 50 la empresa Precomsa, liderada por el ingeniero Guillermo Payet inició la prefabricación de viguetas pretensadas en Lima, fabricando también elementos en T y doble T. Lamentablemente en los años 70 las instalaciones de la fábrica fueron invadidas y destruidas poniendo un alto a la industrialización en el país (Mesia, 2010).

En el Perú, la demanda de prefabricados se ha visto favorecida a través de los años con la llegada de fábricas extranjeras y el surgimiento de nuevas empresas peruanas.

A continuación, se muestran algunas de las empresas más conocidas en el mercado peruano y las obras más relevantes en las que se han utilizado prefabricados en los últimos años.

### **ENTREPISOS LIMA**

Esta empresa es reconocida por comercializar barreras de seguridad, viguetas y vigas pretensadas, muros de contención, sistemas de tierra armada, entre otros productos. Cuenta con más de 2.5 millones de m2 instalados en sistemas de techado (Entrepisos Lima, 2017).

Algunas de las obras más importantes con las que ha contribuido son:

- Variante de Uchumayo – Arequipa 2018 – 12500 m2 de muros de contención
  - Carretera Panamericana Norte 2018-15KM
  - Línea 2 del Metro de Lima – suministro de vigas y cerramientos
  - Línea Amarilla
  - Puentes Arica y Quebrada Seca al sur de Lima
  - Juegos Panamericanos Lima 2019

<https://www.entrepisoslima.com.pe/>

### **COVIPRE**

Esta empresa cuenta con más de 14 años de experiencia en el mercado, reconocida por la comercialización de ductos subterráneos, muros perimetrales, cajas de pozo de tierra, etc.

Algunas de las obras más importantes con las que ha contribuido son:

- Universidad Agraria de La Molina
- Nueva Fábrica de Sika

<https://www.covipre.com/>

### **PRELIMA**

Es una empresa de capitales extranjeros que se encuentra vigente en el Perú desde el 2014, distribuyendo no solo elementos prefabricados sino también soluciones de ingeniería de acuerdo con las necesidades del cliente. Algunas de las obras más importantes con las que ha contribuido son:

- Universidad UTP – Santa Clara
- Universidad Peruana del Norte – San Juan de Lurigancho

- Universidad Federico Villareal – Callao
- Planta de Aguas Residuales de San Bartolo

<https://www.prelima.com/>

### **PREANSA**

Es una empresa que cuenta con una capacidad de producción anual de 30000 m<sup>2</sup> de concreto, teniendo el respaldo de UNACEM y con más 40 años de experiencia en el mercado peruano (PREANSA, 2020). Algunas de las obras más importantes con las que ha contribuido son:

- Juegos Panamericanos 2019
- Nave ICYP Lurín
- Nave Patio Taller Metro Línea 2
- Pozos Metro de Lima Línea 1
- Centro Comercial Villa El Salvador
- Viaducto Nicolás Ayllón
- Viaducto Av. Prolongación Iquitos

<https://www.preansa.com.pe/>

A pesar de la evolución y buenos resultados que han presentado los prefabricados, sus ventajas no están completamente difundidas, permitiendo así la creación de mitos sobre este sistema constructivo, lo que genera un lento avance en la industria. Una solución factible presentada ante el problema anterior es fomentar la construcción de vías de gran envergadura usando prefabricados, de manera que se logre que dichos elementos consigan mayor presencia en el mercado haciendo honor al potencial que tiene.

#### **2.2.4. Estado de adopción de los prefabricados en los últimos años**

A través de los últimos años, se ha visto un gran crecimiento en obras con prefabricados en comparación con la década pasada. A continuación, se muestran algunas de las obras más importantes y el respectivo año de realización, con el objetivo de clasificarlas y realizar un análisis sobre el tipo de obra que genera mayor demanda de elementos prefabricados.

Tabla 3: Obras con prefabricados en los últimos 10 años

<b>OBRAS</b>	<b>Tipo de Proyecto</b>	<b>AÑO</b>
MegaPlaza Villa El Salvador	Comercial	2019
Makro Comas	Comercial	2019
1033 Tottus AV. ZINC	Comercial	2019
Hiperbodega precio 1- Chiclayo	Industrial	2019
Tienda Tottus express Cañete	Comercial	2019
Rampas Estacionamiento Jockey Plaza	Comercial	2019
Puente Peatonal PP3-PP4	Vial	2019
Panamericanos Sede VES	Industrial	2019
Pozos Metro Lima Línea 2	Acueducto	2019
Puente Cerro Blanco	Vial	2019
Universidad Federico Villareal -Callao	Educacional	2019
Centro Empresarial Camino Real	Edificación	2019
Centro Empresarial El Trigal	Edificación	2019
Hotel Atton	Edificación	2019
Nuevo Edificio San Martín de Porras	Edificación	2019
Panel huaca en la videna	Urbano	2019
Ampliación Centro de distribución Tgestion, Lurin	Industrial	2019
Variante de Uchumayo	Vial	2019
Graderías en la Videna	Industrial	2019
Panamericanos Sede Callao	Panamericanos	2018
Panamericanos Sede VMT	Panamericanos	2018
Panamericanos Sede Videna	Panamericanos	2018
Carretera Panamericana Norte	Vial	2018
Linea Amarilla	Vial	2018
Puentes Arica y Quebrada seca al sur de Lima	Vial	2018
Universidad UTP- Santa Clara	Educacional	2018
Universidad Peruana del Norte. SJL	Educacional	2018
Nueva Planta Cerámica San Lorenzo	Industrial	2018
Ampliación corporación Aceros Arequipa (Callao)	Industrial	2018
Ampliación Videna	Panamericanos	2018
CD Andres Avelino Cáceres	Edificación	2018
Ampliación Jockey Plaza	Comercial	2018
Santa Leonor en Chorrillos	Educacional	2018
Universidad UPN chorrillos	Educacional	2018
Cerco perimetrico GAT	Urbano	2018
Planta Cañete Productos Tissue del Perú	Industrial	2018
Edificio Liberpark	Comercial	2017
Tottus MegaPlaza Huaral	Comercial	2017
Montaje viaducto Rimac	Viaducto	2017
Puente Peatonal Repsol	Vial	2017

Colegio Leoncio Prado	Educacional	2011
Planta Cerámicas San Lorenzo	Industrial	2017
Cinemark MegaPlaza Los Olivos	Comercial	2016
Ampliación MegaPlaza Chorrillos	Comercial	2016
MegaPlaza Jaén-Cajamarca	Comercial	2016
Megaplaza Pisco	Comercial	2016
Toyota - Mitsui - La Molina	Comercial	2016
Puente vehicular Naranjal	Vial	2016
Intercambio Vial El Naranjal	Vial	2016
Puente Peatonal 25 de Enero	Vial	2016
Metro de Lima Línea 2	Vial	2016
Ampliación Cinemark MegaPlaza Independencia	Comercial	2016
Nave industrial SolPack (Huachipa)	Industrial	2016
Makro Villa El Salvador	Comercial	2015
Intercambio Vial 25 de Enero	Vial	2015
Centro de convenciones de Lima	Edificación	2015
Centro logístico carpitas (Lurin)	Industrial	2015
Centro Empresarial Miraflores	Edificación	2015
Link Tower	Edificación	2015
Puente Peatonal Alipio Ponce	Vial	2014
Puentes Peatonales Famesa y Naranjitos	Vial	2014
Estacionamiento Rivera Navarrete	Vial	2014
Túnel Peatonal Alipio Ponce	Vial	2014
Plaza Vea Santa Rosa	Comercial	2013
Puente San Pedro	Vial	2013
Casas modulares Ica	Edificación	2013
Centro de distribución ppl logistics transmeridan (Lurin)	Industrial	2013
Saga Mega Plaza cono norte	Comercial	2013
UPC sede Chorrillos	Educacional	2013
Nueva Plaza Standford	Comercial	2013
Tottus Leguía, Chiclayo	Comercial	2013
Tienda Tottus Los Olivos	Comercial	2012
Tienda Tottus Los Olivos	Comercial	2012
Tienda Makro San Juan de Lurigancho	Comercial	2012
Ampliación taller automotriz Mitsui (La Molina)	Edificación	2012
Aventura Plaza Santa Anita	Comercial	2012
Plaza Vea San Borja	Comercial	2012
Esan	Educacional	2012
Centro de distribución Alicorp, Arequipa	Industrial	2012
Nueva Planta Cimagraf, Ate	Industrial	2012
Makro San Juan de Lurigancho	Comercial	2011
Viaducto Nicolás Ayllón	Vial	2011

Viaducto Av. Prolongación Iquitos	Vial	2011
Tren Eléctrico Línea 1	Vial	2011
Corredor vial Av. Ayllon	Vial	2011
UPC sede Salaverry	Educacional	2011
Nacional - Estacionamiento Sur	Edificación	2011
Fitesa Fiberweb, Chosica	Edificación	2011
Plaza Vea Canto Grande	Comercial	2010
Aventura Plaza Arequipa	Comercial	2010
Open Plaza Marsano	Comercial	2010
Wong Marsano	Comercial	2010
Ampliación Jockey Plaza	Comercial	2010

A partir de las obras antes mencionadas, se presenta un gráfico de barras en el que se muestra cómo ha sido el crecimiento de obras con prefabricados con el paso del tiempo. Se puede apreciar que los años 2018 y 2019 dieron mucha acogida a estos elementos debido a realización de los juegos panamericanos en el país.

Por otro lado, tal como se observa en la gráfica, el año 2017 no fue muy productivo debido a las bajas demandas que tuvieron las empresas líderes en el rubro. Mientras que, el año 2016 recibió una gran cantidad de ventas recuperándose luego de la caída del sector en los años 2014-2015.



Gráfico 1 : Evolución de los prefabricados a partir de los años

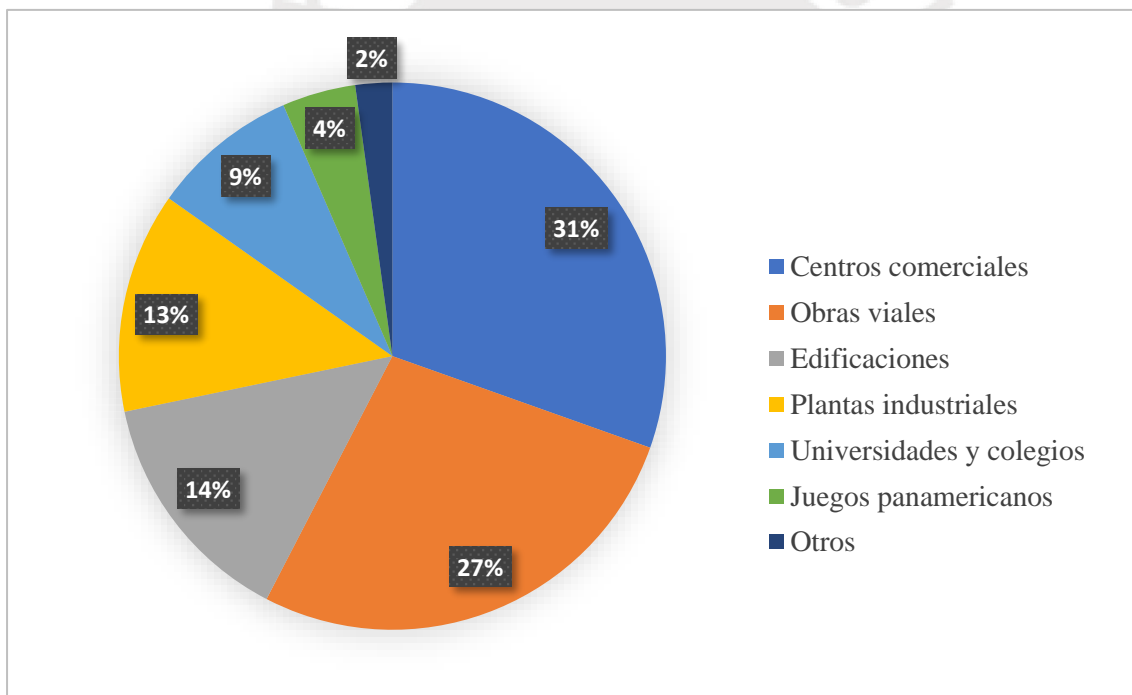
Asimismo, a partir de la data recolectada se puede observar que la mayor cantidad de obras que usan prefabricados son los centros comerciales. Aplicar dichos elementos en este

tipo de proyectos genera una gran reducción de tiempo, lo que a su vez genera una mayor cantidad de ingresos para el cliente. Esto debido a que, mientras más pronto entre en funcionamiento un centro comercial, más rápido se obtendrán las ganancias.

En segundo lugar, se ubicaron las obras viales, tales como puentes y viaductos, seguido de las obras de edificaciones de tipo torres empresariales, hoteles, etc. Finalmente se encontraron también, en un menor porcentaje las naves industriales, los colegios y universidades, entre otros.

Cabe resaltar que se consideró como un proyecto especial los Juegos Panamericanos, ya que fue un evento realizado en el 2019 que requirió de una gran demanda de prefabricados para lograr concluir las instalaciones en el tiempo estimado.

A continuación, se muestra una gráfica en la que se puede apreciar en porcentajes la cantidad de obras realizadas con prefabricados en los últimos años.



*Gráfico 2: Tipo de obras realizadas con prefabricados*

Por otro lado, se realizó un estudio a nivel de industria con el fin de determinar el ratio actual de concreto premezclado y concreto prefabricado. Para ello se requirió información de las distintas empresas del mercado, logrando obtener el volumen anual prefabricado en los últimos 5 años.



A continuación, se muestra el listado de empresas del mercado que participaron del estudio. Cabe resaltar que por motivos de privacidad solo se mostrarán los resultados finales a nivel global.

*Tabla 4: Empresas de prefabricados en el mercado peruano*

Unicon (Unicon + concremax)	Vipret
Cementos Pacasmayo	Concrefab
Concretos Supermix S.A.C	Pre-Construcción Franches S.A.C
Preansa	Ecocret
Entrepisos Lima	Viguetas Perú
Beton Decken	Econcreto
Mixercon	Fadico
Covipre	Teconsa
Prelima	Inccosac
Consycon	Espresac

Con los datos obtenidos a partir de las empresas en mención, se procedió a obtener los volúmenes de concreto premezclado de las empresas más importantes del rubro. La recolección de dicha información se realizó a partir de entrevistas a representantes de las distintas empresas que participaron del estudio, así como de revistas del sector construcción que poseen datos actualizados del tema.

El volumen nacional de concreto premezclado fue hallado a partir de encuestas y cálculos estimados según las respuestas de los entrevistados, comparados con data encontrada en revistas nacionales. Es importante mencionar que los cálculos presentados son valores encontrados a partir de la muestra tomada.

*Tabla 5: Comparación de volumen de concreto premezclado y prefabricado*

Empresas	2015	2016	2017	2018	2019
Vol Nivel Nacional (m3)	5178182	4709091	4716364	4940000	5074545
Total, Vol Prefabricados (m3)	183158	142190	125709	181372	167066
Ratio	3.54%	3.02%	2.67%	3.67%	3.29%

Se puede apreciar que el ratio entre concreto premezclado y concreto prefabricado es alrededor de 3%. En países de Europa tales como España, dicho ratio suele aproximarse al 10% mientras que, en países nórdicos como Finlandia, Suecia y en algunas partes de Rusia, el ratio se acerca al 40% (Fabian Agudelo, 2021).

Para Fabian Agudelo, gerente de la unidad de negocios de prefabricados de Unicon, eso se puede explicar por 2 motivos. El primer motivo resulta ser el tema climático; en los países nórdicos se suelen tener temperaturas de hasta  $-40^{\circ}\text{C}$  por periodos muy largos de tiempo por lo que resulta casi imposible trabajar a la intemperie. Es por ello por lo que la mayoría de los trabajos se realizan en fábricas con temperaturas controladas, culminando finalmente con la instalación en campo. El segundo motivo es el costo de la mano de obra. En Europa la mano de obra supera con creces el costo de la mano de obra en América Latina, razón por la cual es muy complicado sostener económicamente un proyecto con gran afluencia de personal obrero.

En Perú, se tiene un costo de mano de obra bastante económico y las temperaturas son adecuadas para el trabajo en campo. Es por ello por lo que la industria no se ve en la obligación de usar un sistema distinto al actual (construcción de vaciado in situ). Sin embargo, la prefabricación presenta muchos beneficios por los cuales debería ser adoptada a mayor escala en la industria.

En el siguiente acápite se dará a conocer las diferencias entre el sistema de prefabricación y el concreto vaciado in situ, resaltando las ventajas y desventajas de ambos sistemas.

### **2.3. Comparación del uso de prefabricados y del concreto vaciado en obra**

La construcción tradicional con vaciado in situ representa en la industria muchas restricciones, generando en muchos casos penalizaciones de tiempo. Este tipo de sistema constructivo requiere esencialmente de encofrados y de mucho personal en obra para realizar las partidas requeridas, ya que los elementos estructurales se ensamblan en el lugar de construcción para luego realizar el vaciado respectivo (Choo & Newman, 2003).

Por un lado, dicho sistema asegura una gran flexibilidad en el diseño, ya que permite realizar cambios según las necesidades de cliente, presentando también, un buen comportamiento estructural. Sin embargo, la calidad de la construcción, así como los costos y tiempos utilizados no son óptimos (Choo & Newman, 2003).

Algunas de las desventajas que presenta este sistema constructivo son las siguientes:

- Compleja utilización en obras modernas
- Menos resistencia en estructuras inusuales
- Estructuras muy pesadas y de mucho volumen
- En edificaciones de gran envergadura, resulta muy costoso debido al tamaño de los elementos y a la gran cantidad de personal necesitado.
- Al ser artesanal, aumenta el factor de error humano disminuyendo la calidad.

- Crea incertidumbre en el cumplimiento de plazos

Por otro lado, los prefabricados representan una tecnología industrializada aplicable a cualquier tipo de obra, dotando a las infraestructuras de calidad, seguridad y rentabilidad (Entrepisos Lima, 2017). En la industria, para ser competitivos ante las potencias mundiales en construcción, se necesitan reducir plazos y costos sin interferir con la calidad de las edificaciones, aplicando la innovación tecnológica y la industrialización de procesos (Pheng & Chuan, 2001).

Un estudio realizado por Sanabria y Monroy (2018), concluyó que el sistema de vaciado in situ genera oportunidades a errores humanos y por lo tanto a una baja calidad en construcción, incumpliendo muchas veces con los plazos predeterminados. Además, afirman que el uso de prefabricados supone una mejora sobre lo mencionado anteriormente y es ampliamente más favorable.

En dicho estudio, se realizó la comparación entre losas de entrepiso prefabricadas (CASO A) y losas construidas tradicionalmente (CASO B) para un mismo proyecto. Los parámetros evaluados fueron los siguientes:

- Peso de la estructura
- Calidad de los materiales
- Cantidad de materiales
- Costo directo
- Duración de actividades
- Control de desperdicios

*Tabla 6: Diferencia de pesos*

Ítem	Caso A	Caso B	Diferencia	%
Peso entrepiso	3.219 Tn	3.686 Tn	467 Tn	15

*Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)*

*Tabla 7: Diferencia de  $f_c$*

Caso	Losas Alveolar/ viguetas	Capa compresión/ loseta superior
Caso A	40 Mpa	21 Mpa
Caso B	21 Mpa	21 Mpa
Diferencia	-19 Mpa	0 Mpa
%	-48	0

*Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)*

Tabla 8: Diferencia de volúmenes de concreto

Caso	Volumen de concreto
Caso A	1,341 m3
Caso B	1,536 m3
Diferencia	195 m3
%	15

Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)

Tabla 9: Diferencia de costos por m2

Caso	Área	Costo total	Índice \$ por m2
Caso A	8,547m2	\$1,955,467,088	228,803
Caso B	8,547m2	\$1,569,778,754	183,675
Diferencia	-	-	-45,128
%	-	-	20

Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)

Caso	Área	Duración
Caso A	8,547m2	63 días
Caso B	8,547m2	103 días
Diferencia	-	39 días
%	-	62

Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)

Tabla 11: Diferencia de cantidad de desperdicio

Caso	Volumen de concreto	Porcentaje de desperdicio	Volumen real	Volumen final
Caso A - prefabricados	796 m3	2%	812 m3	1,384 m3
Caso A - Topping	546 m3	5%	573 m3	
Caso B - Viguetas	852 m3	5%	875 m3	1,613 m3
Caso B - Loseta superior	684 m3	5%	718 m3	
Diferencia	-	-	-	228 m3
%	-	-	-	16

Tomada de Inventu, revistas académicas (Sanabria y Monroy,2018)

Como resultado final del estudio, se pudo concluir que, de los 6 indicadores evaluados, el uso de sistemas prefabricados representa el 80% de casos positivos, dejando al tradicional sistema in situ con solo el 20%. Es así como demuestran que el uso de elementos prefabricados de concreto genera mayores ganancias (Sanabria & Monroy, 2018).

Por otro lado, Warszawski, Avraham y Carmel (1984) realizaron una investigación en la que clasificaron a los prefabricados como sistemas cerrados y abiertos. Un sistema

cerrado resulta ser un sistema integral que reúne los diversos elementos prefabricados de construcción (losas de piso, muros de soporte, fachadas, tabiques, escaleras, etc.) ensamblados en obra y terminados bajo la supervisión de una misma empresa. Los beneficios obtenidos de este sistema son: disminución de mano de obra, disminución de tiempos de construcción, mayor calidad, ahorro de tiempo de diseño, entre otros. Sin embargo, este sistema también presenta limitaciones tales como la dificultad para cambiar el diseño una vez empezado el proyecto y la dificultad para realizar cambios una vez concluido el proyecto. No obstante, el sistema cerrado resulta más apropiado ante cualquier demanda en el mercado (alta o baja) (Warszawski et al., 1984).

Por otro lado, un sistema abierto es un sistema que involucra elementos prefabricados con cualquier otro método constructivo. Entre sus ventajas se encuentra que el constructor puede seleccionar los elementos prefabricados adecuados según el tipo de obra que se realice (solo paneles o solo losas de entrepiso, etc.). Así también es factible realizar cambios durante y una vez finalizada la construcción del proyecto.

En el presente estudio se realizó una comparación entre ambos sistemas y la construcción sin prefabricados (vaciado in situ), comparando el costo, la mano de obra y el tiempo de construcción. Se llegó a la conclusión de que la construcción con elementos prefabricados reduce considerablemente la mano de obra utilizada y el tiempo de construcción del proyecto (Warszawski et al., 1984).

A continuación, se presentan los ítems evaluados durante el estudio que permitieron comparar ambos sistemas constructivos.

#### • **Mano de obra**

Para el estudio de mano de obra se analizaron muros, columnas, losas y vigas portantes considerando los requerimientos necesarios para ambos sistemas. Cabe resaltar que para el análisis de losas se consideraron dos tramos de diferentes luces, uno de 9.6m y otro de 6.6m. Estos elementos fueron agrupados en verticales y horizontales para facilitar el proceso.

A continuación, se presenta un cuadro resumen indicando el tiempo en horas que significó realizar la construcción de dichos elementos. Se puede apreciar que los elementos construidos con prefabricados se realizaron en menor tiempo que los realizados por el método convencional.

Tabla 12: Comparación del tiempo con diferentes alternativas de construcción.

COMPARACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN						
Componente	Requerimiento de mano de obra en horas hombre					
	Método convencional	Sistema prefabricado				
		Losas de piso prefabricadas		Muros prefabricados no portantes	Losas prefabricadas sobre muros de carga	
		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m
Vertical	231.1	209.3	219	137.5	43.4	53.1
Horizontal	173	134.4	126.1	173	75.8	67.5
<b>Total</b>	<b>404.1</b>	<b>343.7</b>	<b>345.1</b>	<b>310.5</b>	<b>119.2</b>	<b>120.6</b>

Tomada de "Utilización de elementos prefabricados de concreto en edificaciones" Warszawski et al, 1984

La reducción de tiempo significa también una reducción del personal de obra. La disminución de obreros facilita la gestión y la intercomunicación en el proyecto, lo que genera a su vez que la productividad aumente y se reduzcan los gastos generales.

- **Costo directo:** Se utilizaron los mismos criterios que para el requisito de mano de obra. Se llegó a la conclusión de que los prefabricados de luz 9.60m aumentan el costo de las actividades entre el 6 y 13% lo que aumenta en 1-2% el costo total. Por otro lado, si la luz de dichos elementos no excede los 6.60m el costo de estas actividades se reduce entre el 5-8%, lo que reduce aproximadamente en 1% al costo total comparándolo con el método tradicional. Asimismo, si se puede reemplazar las losas tradicionales por losas prefabricadas sobre los muros de carga se genera un ahorro de costo frente al método convencional, resaltando que se ahorra aún más si se trabaja con luces de hasta 6.6m.

Tabla 13: Comparación de costos directos con diferentes alternativas de construcción.

COMPARACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN						
Componente	Costo directo en dólares					
	Método convencional	Sistema prefabricado				
		losas de piso prefabricadas		Muros prefabricados no portantes	Losas prefabricadas sobre muros de carga	
		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m
Vertical	2683.73	3306.69	2547.65	2710.81	2710.81	1954.77
Horizontal	2268.61	2075.26	2164.42	2906.26	2527.30	2616.46
<b>Total</b>	<b>4952.37</b>	<b>5378.95</b>	<b>4712.07</b>	<b>5590.02</b>	<b>5238.11</b>	<b>4571.23</b>

Tomada de "Utilización de elementos prefabricados de concreto en edificaciones" Warszawski et al, 1984

Finalmente, se presenta una tabla resumen del tiempo en meses y el costo directo que supone utilizar ambos sistemas.

Tabla 14: Comparación de alternativas de construcción

COMPARACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN						
Parámetros	Método convencional (vaciado in situ)	losas de piso prefabricadas		Muros prefabricados no portantes	Losas prefabricadas y muros de carga	
		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m		Luz: 9.6 m	Luz: 6.6 m
Ahorro de tiempo en meses	-	1	1	1	4	3
Costo directo por vivienda en dólares	-	28000	2800	28000	112000	84000
Costo total (dólares) ajustado para ahorrar costos	4952.37	5098.95	4432.07	5310.03	4118.11	3731.23

Tomada de "Utilización de elementos prefabricados de concreto en edificaciones" Warszawski et al, 1984

A continuación, se presenta una tabla resumen de las principales diferencias entre ambos sistemas.

Tabla 15: Cuadro comparativo entre las características de la construcción convencional y la construcción con prefabricados

	Construcción tradicional	Construcción con prefabricados
<b>Definición</b>	Mayor posibilidad de cambio a lo largo del proyecto. Alta imprecisión	Etapas definidas desde el inicio del proyecto
<b>Calidad</b>	Elementos ejecutados en la obra. Mayor posibilidad de error humano	Mayor control en fábrica y menor posibilidad de error humano
<b>Coste</b>	Originalmente menor, pero con posibilidad de imprevistos y cambios económicos	Precio constante y definido.
<b>Tiempo</b>	La imprecisión del método y la mayor cantidad de personal involucrado genera desviaciones en tiempo y costes	Mayor precisión en la planificación de obra, menor dependencia a condiciones climáticas.
<b>Limpieza</b>	Alta generación de recursos. La obra se convierte en fábrica al mismo tiempo	Menor generación de recursos
<b>Impacto</b>	Mayor tiempo y necesidad de espacio para el cumplimiento de actividades	Menor impacto en zonas aledañas y durante menor tiempo

Tomada de "Construcción industrializada en hormigón", López, et. Al 2018.

## **2.4. Ventajas y desventajas de prefabricados**

### **2.4.1. Ventajas**

Por los resultados favorables obtenidos en construcciones masivas, los elementos prefabricados se utilizan cada vez más y en la actualidad están reemplazando y desplazando a los sistemas convencionales de construcción (SENA, 1986). Los prefabricados representan en el sector construcción una gran cantidad de ventajas tales como:

- Reducción de mano de obra: Este sistema solo necesita dos personas para la sujeción y dos personas para la instalación del elemento. Este punto resulta ser uno de los más importantes ante la coyuntura de la COVID 19, ya que cumple con las medidas otorgadas por el gobierno, permitiendo reducir la cantidad de personal mínimo al 50%.
- Rápido izaje: Elevar un elemento prefabricado demora entre 6-8 minutos.
- Menor apuntalamiento: Para la instalación solo son requeridos apuntalamientos auxiliares.
- Calidad: Los elementos prefabricados se elaboran en una planta de fabricación, mediante un proceso industrial por lo que se reduce el factor de error humano, logrando elementos de buen acabado y poco mantenimiento.
- Reducción de plazos de ejecución: El uso de este sistema permite eliminar los tiempos entre cada actividad, optimizando el tiempo final del proyecto.
- Reciclable: Los elementos prefabricados pueden ser desmontados y usados en obras de características similares. Ejm: Juegos Olímpicos (Londres, 2012), juegos Panamericanos (Lima, 2019).
- Aumento de la productividad: Permite la realización de tareas repetitivas y la reducción de horas improductivas.
- Estabilidad al fuego: En caso de incendio, utilizar soluciones prefabricadas permite desmontar y sustituir los elementos afectados, manteniendo la estructura original.
- Economía: Al reducir la cantidad de mano de obra y de materiales, se reducen los gastos totales de la obra.
- Control de proceso productivo: Se producen garantías de plazo y costo debido al mínimo margen de error que presentan.
- Fácil acceso a la materia prima.



### **2.4.2. Desventajas**

A pesar de que los prefabricados presentan una gran cantidad de ventajas, es importante mencionar algunas de las desventajas que conlleva este sistema constructivo.

Cabe resaltar que dichas desventajas pueden ser corregidas y solucionadas tomando medidas preventivas. A continuación, se muestran algunas de ellas:

- Pérdida de monolitismo y continuidad en el concreto.
- Transporte: Al tratarse, en algunos casos, de piezas extremadamente grandes, el proceso de transporte a obra suele ser complejo ya que es necesario utilizar vehículos especiales y una serie de permisos administrativos.
- Posible daño de las piezas al transportarse: Al ser elementos de difícil traslado es probable que sufran fisuras o roturas, sin embargo, la posibilidad es baja.
- Planificación precisa: Se debe tener un diseño estrictamente aprobado por la gerencia y el cliente ya que trabajar con prefabricados no permite realizar cambios una vez empezada la obra.
- Necesidad de mano de obra especializada.
- Golpes y atrapamientos por manipulación de piezas en obra.

### **2.5. Marco de trabajo TOE**

El marco de trabajo TOE (por sus siglas en inglés Technology-Organization-Environment) explica los aspectos de una empresa que influyen en la adopción de nuevas tecnologías. Dichos aspectos son la Tecnología, la Organización y el entorno (Baker, 2012).

Tornatzky, Eveland y Fleischer (1990) explican que la innovación tecnológica es un proceso que involucra a los sistemas humanos en diferentes contextos. Afirman que las decisiones tomadas ya sea por una persona o un grupo de personas, generan una serie de consecuencias en la empresa, ya sea en espacio o tiempo. Así también, aseguran que estos tres aspectos presentan tanto limitaciones como oportunidades para lograr la adopción de innovaciones (Tornatzky et al., 1990).

- **Aspecto tecnológico**

El aspecto tecnológico incluye todas las tecnologías disponibles en la industria, así como las tecnologías internas que usa una empresa. Estas últimas son importantes en el proceso de adopción de nuevas tecnologías debido a que limitan las futuras elecciones de adopción de tecnología en la empresa (Collins et al., 1988).

Las empresas deben elegir cuidadosamente el tipo de cambio que se creará al adoptar una nueva tecnología, las decisiones tomadas pueden llegar a tener todo tipo de impactos (Baker, 2012).

- **Aspecto organizacional**

El aspecto organizacional involucra las características y los recursos que dispone una empresa para adoptar una nueva tecnología. El comportamiento de los miembros de la empresa, así como la comunicación que mantienen, es un aspecto de suma importancia en la adopción de innovaciones. Esto es necesario debido a que se debe formar un equipo capaz de proyectar una visión certera para el futuro de la empresa (Baker, 2012).

Según Baker (2012), algunos autores tales como March y Simon (1958) y Rogers (1995) afirman que la holgura y el tamaño que presenta una empresa son dos de los factores más imponentes en la adopción de innovaciones. Esto se explica porque usualmente las empresas más grandes, tienen mayor capital y facilidad de adoptar nuevas tecnologías. Sin embargo, Baker afirma que no se puede establecer un vínculo entre innovación y tamaño, debido a que es algo muy genérico que no se cumple en todos los casos.

- **Aspecto de entorno**

El aspecto de entorno hace referencia a la estructura de la industria, el entorno que se vive y a la presencia o ausencia de especialistas y proveedores. Asimismo, se considera la regulación gubernamental, ya que esta puede tener efectos positivos o negativos debido a las restricciones que imponen (Baker, 2012).

En este caso en particular, el entorno que se vive es el de la pandemia mundial COVID 19, la cual, como se ha explicado en acápite anteriores, ha causado grandes repercusiones en la industria de la construcción.

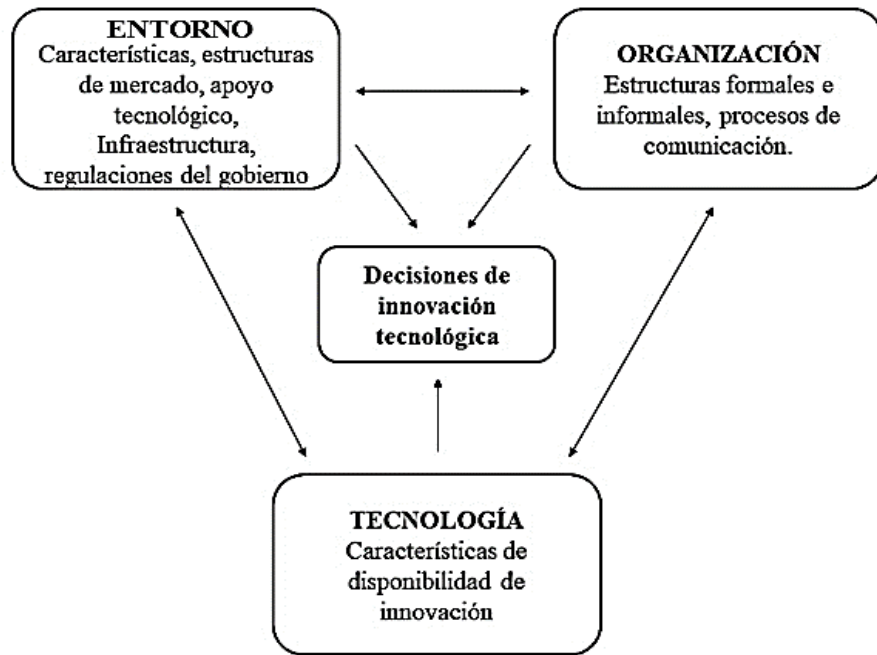
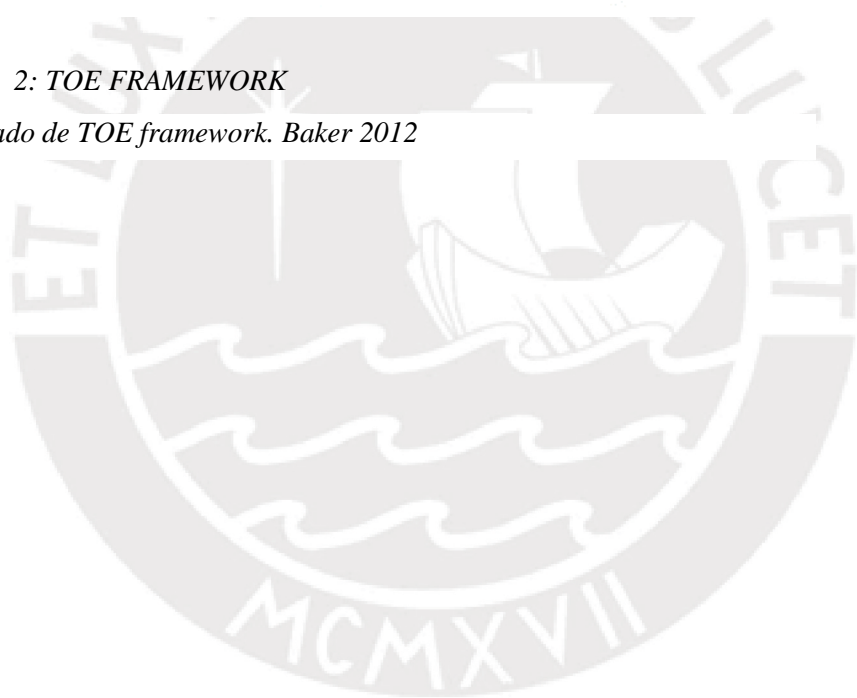


Figura 2: TOE FRAMEWORK

Fuente: Tomado de TOE framework. Baker 2012



### 2.5.1. Estudios previos sobre factores que influyen en la adopción de prefabricados

Un estudio realizado en el 2018 por Ji, Qi, Li, y Liu, determinó que uno de los principales factores que impiden la adopción de prefabricados son los retrasos que ocurren con frecuencia en los proyectos de construcción. En este estudio se entrevistaron a seis expertos académicos en dirección de obra, cinco contratistas, cinco clientes, ocho expertos en fabricación y logística, cuatro expertos de empresas constructoras y dos funcionarios gubernamentales. Se determinó que algunos de los aspectos que generan los retrasos son las técnicas de construcción, la mano de obra, los bajos recursos, la maquinaria, los clientes, los contratistas y las condiciones externas (Ji et al., 2018).

A continuación, se muestra una tabla en la que se detalla cada uno de estos aspectos, así como los factores encontrados en cada uno de ellos.

*Tabla 16: Factores que afectan el avance de un proyecto*

Aspectos	Factores
Técnicas de construcción	Técnicas de instalación de baja precisión
	Operaciones de elevación inadecuadas
	Espacio de sitio insuficiente para el diseño
Mano de obra	Experiencia laboral inadecuada
	Baja productividad
	Competencia insuficiente
Recursos	Escasez y retraso en el suministro de material
	Daño a componentes almacenados
Maquinaria	Fallo del equipo
	Indisponibilidad de vehículos y equipos
Clientes	Toma de decisiones ineficientes
	Requisitos adicionales
Contratistas	Planificación de la construcción y diseño del cronograma incorrectos
	Requisitos y rutas de entrega incorrectos
	Diseño deficiente del sitio
	Falta de comunicación entre participantes
	Brechas de información entre empresas
	Re-manipulación de componentes
	Conexiones estructurales ineficientes
	Devolución a los fabricantes debido a errores de diseño
Re-fabricación debido a daños en componentes	
Condiciones externas	Incertidumbre política
	Clima severo
	Fallo del suministro de energía y agua, interrupción del transporte

*Tomado de "Evaluando y priorizando los factores de retraso de los proyectos de construcción de hormigón prefabricado en China", Ji et al, 2018*

Dichos factores se analizaron mediante el método “DEMATEL” (decision-making trial and evaluation laboratory) y el objetivo fue encontrar relaciones entre los factores mencionados y conocer cómo influyen unos sobre otros.

Se dio a conocer que las condiciones externas (Tabla 16) no tenían dependencia con los demás aspectos, sin embargo, todos se influyen mutuamente. Por tanto, las técnicas de construcción afectan la mano de obra, las condiciones externas, los contratistas, la maquinaria, los clientes y los recursos, y de la misma forma actúan los demás aspectos.

Se concluyó que el aspecto que tiene más influencia sobre los demás es el de técnicas de construcción y el más afectado por los otros aspectos fue el de recursos.

Por otro lado, al analizar los factores se pudo apreciar que las conexiones estructurales ineficientes se identifican como el factor más importante por tener mayor nivel de interrelación con otros factores, siendo fácilmente afectado. Mientras que la experiencia inadecuada del trabajador tiene el impacto más significativo sobre otros factores.

Como se mencionó anteriormente, la principal barrera según este estudio es el retraso en obra. Esto se debe a que, al no tener un control total de tiempos y un orden establecido, es complicado que las diversas empresas adopten prefabricados por la necesidad del sistema de llevar una adecuada planificación.

Finalmente, plantearon como soluciones reducir el tiempo de montaje, así como introducir técnicas de construcción avanzadas creando plataformas de visualización para predecir los posibles problemas de construcción (Ji et al., 2018).

Así también, otro estudio realizado por Xue, Zhang, Su y Wu (2017) determinó que una de las principales barreras por las cuales no se maximiza la adopción de prefabricados son los costos elevados que significa implementar este sistema.

Dicho estudio tiene como objetivo dar a conocer los factores que afectan el costo de capital utilizado en prefabricados y evaluar la importancia relativa de cada factor.

Se entrevistó a diseñadores, supervisores de obra, clientes, fabricantes de prefabricados, contratistas, investigadores y gerentes. A partir de dichas entrevistas y literatura previa se encontraron 49 factores que generan los costos elevados en la prefabricación (Xue et al., 2017).

Los factores más importantes fueron las especificaciones y normas para el diseño, la experiencia del gerente, la racionalidad de la división de componentes prefabricados, la capacidad de la línea de producción, el nivel de personal de instalación, la cantidad de

material solicitado, la coordinación entre diseñador y fabricante y por último la experiencia del diseñador. Analizando la data y procesando resultados se llegó a la conclusión de que las especificaciones y normas para el diseño resultó ser el factor más influyente para la gestión de costos (Xue et al., 2017).

A continuación, se muestra una tabla en la que se detalla algunos de los factores encontrados, según la etapa de construcción.

*Tabla 17: Factores que influyen en la adopción de prefabricados*

<b>Etapas</b>	<b>Factores</b>
Etapa de diseño	Coordinación entre diseñador y fabricante
	Especificación y normas para el diseño
	Experiencia del diseñador
	Racionalidad de la división de componentes prefabricados
	Capacidad colaborativa entre diseñadores profesionales
Etapa de producción y transporte	Tipo de estructura
	Especificaciones y estándares para la producción
	Capacidad de la línea de producción
	Mantenimiento de instalaciones mecánicas
	Cantidad de material solicitado
	Tasa de desgaste de refuerzo
	Número de profesionales
	Eficiencia del trabajador de producción
	Coste de formación de trabajar de producción
	Formas de transporte
Distancia de transporte	
Etapa de instalación in situ	Tasas de desgaste durante el transporte
	Experiencia del gerente
	Coordinación de todo tipo de trabajos en obra
	Estado de almacenamiento de los componentes en el sitio
	Eficiencia mecánica de la torre grúa
	Nivel de personal de instalación
Redundancia del proceso de instalación	
	Tarifa de alquiler de equipo de instalación

*Tomado de " Factores que afectan el costo de capital de la prefabricación: un caso de estudio de China " Xue et al, 2017*

Por otro lado, Jiang, Huang, Peng, Fang y Cao (2020) realizaron un estudio sobre los distintos factores que influyen en la adopción de prefabricados.

Las variables encontradas fueron clasificadas en 5 factores (Jiang et al., 2020)

- Factor político
- Factor técnico
- Factor de gestión

- Factor de mercado
- Factor de costo

A continuación, se muestra una tabla en la que se detallan las variables encontradas clasificadas en 5 factores, los cuales serán explicados más adelante.

*Tabla 18: Factores que influyen en la adopción de prefabricados*

<b>Factores</b>	<b>Variables</b>
Factor político	Incentivo de política
	Estándar de la industria
	Mecanismo regulador
Factor técnico	Tecnología BIM
	Estandarización
	Talento técnico
Factor de gestión	Estrategia organizacional
	Colaboración de información
	Modo de gestión
Factor de mercado	Cadena industrial
	Aceptación pública
	Transformación empresarial
Factor de costo	Costo de producción
	Costo de transporte

*Tomado de “Factores que afectan la promoción de la construcción prefabricada en China: un enfoque de modelado de ecuaciones estructurales”, Jiang et al, 2020*

### **Factor político**

- Incentivo de política: los incentivos gubernamentales para la implementación de prefabricados no son suficientes, ya que no existe el apoyo adecuado en cuanto a transferencia de tierras y licitaciones de construcción.
- Estándar de la industria: Debido a la falta de estándares uniformizados a nivel mundial, la producción de prefabricados no tiene la efectividad que se espera.
- Mecanismo regulador: Actualmente se tiene un mecanismo regulador pobre, que no ha desarrollado un sistema regulatorio correspondiente. Esto impide resaltar muchas ventajas tales como reducir eficazmente los costos de construcción y garantizar la precisión en el montaje.

### **Factor técnico**

- Tecnología BIM: Aplicar BIM a un proyecto puede generar grandes ventajas tales como reflejar el tamaño real de la estructura y el rendimiento de cada componente durante todo el ciclo de vida del proyecto. Adicionalmente, BIM puede formular

estrategias de adquisición efectivas y reducir el desperdicio de materiales de construcción in situ.

- Estandarización: No existe un sistema modular adaptativo en la producción de prefabricados. Por lo tanto, la producción de prefabricados es baja.
- Talento técnico: Actualmente no existen muchos proveedores, contratistas ni diseñadores con suficiente experiencia en prefabricados a nivel mundial. Lo anterior genera problemas como el rendimiento estructural deficiente y una gestión deficiente del sitio.

### **Factor de gestión**

- Estrategia organizacional: La calidad de la gestión del proyecto depende del sentido de responsabilidad y la comprensión por parte de los miembros encargados de realizar el proyecto.
- Colaboración de información: La fragmentación de información en la industria por falta de coordinación y comunicación resulta ser uno de los factores que obstaculizan la adopción de prefabricados. La falta de integración de los procesos tales como el diseño, la producción, el transporte, el montaje y el mantenimiento en una red de información genera muchas desventajas.
- Modo de gestión: Para lograr una gestión adecuada del proyecto se necesita una participación y cooperación múltiple entre socios, de manera que se planifique con anticipación y se logre una gestión adecuada

### **Factor de mercado**

- Cadena industrial: la falta de innovación y aplicación de tecnología en prefabricados se debe a la falta de cooperación entre las partes interesadas.  
No existe la correcta coordinación de todos los elementos que implica el proyecto (colaboración de información), lo que genera la fragmentación y discontinuidad de la cadena industrial.
- Aceptación pública: La demanda de prefabricados en el mercado está limitada por percepciones negativas y falta de comprensión. Esto resulta ser un factor negativo ya que la aceptación pública representa un papel vital para lograr la adopción de dichos elementos.



- Transformación empresarial: Las empresas líderes en el mercado no han defendido ni promovido el uso de prefabricados, por lo que las pequeñas empresas no tienen confianza ni guía en la adopción de nuevos elementos, continuando con la tradicional construcción in situ. Adoptar un nuevo sistema significa invertir en equipos, actualizaciones, nuevo personal y nueva tecnología, por lo que es poco probable que lo adopten sin tener mayores referencias.

### **Factor de costo**

- Costo de producción: La adquisición de maquinaria, la producción de moldes y el desarrollo de nueva tecnología dificulta obtener el presupuesto inicial de la obra. Dicha inversión se verá recuperada conforme avanza el proyecto, sin embargo, muchas empresas omiten esta información
- Costo de transporte: El costo de transporte de prefabricados representa entre el 6% y 11% del costo total.

Un estudio realizado por Polat (2008), dio a conocer las razones por las que el sistema de construcción con prefabricados no es predominante en la industria. Este estudio está basado en una investigación de David Arditi (2000). Para lograr los resultados se realizaron encuestas a diseñadores, contratistas, fabricantes de prefabricados y sindicatos (Polat, 2008). Los principales hallazgos del estudio fueron:

- Los contratistas y diseñadores no consideran como relevantes los problemas de compatibilidad entre los componentes de prefabricados
- La educación en universidades es deficiente en cuanto a aspectos estructurales y arquitectónicos con el uso de prefabricados.
- Los edificios construidos con elementos prefabricados han presentado un buen comportamiento ante movimientos sísmicos.
- Existen restricciones por el tamaño o peso de los elementos en el transporte.
- Los sindicatos de la industria no crean ninguna barrera contra el uso de prefabricados.
- El 93% de los contratistas declararon que lograron ahorro de costos a largo plazo con el uso de prefabricados.
  - Existe escasez de personal experto en diseño y gestión de edificios con uso de prefabricados.

Un factor que influye en la adopción de prefabricados es la falsa creencia de que dicho sistema tiene un mal comportamiento frente a sismos de gran magnitud. Ferrara, Colombo, Nieto y Toniolo (2004), realizaron un estudio en el que analizaron el comportamiento de estructuras de concreto vaciadas in situ vs estructuras realizadas con prefabricados. Se analizaron dos pórticos de dos tramos conectados por una losa alveolar con el fin de lograr que soporten la misma fuerza cortante en la base y observar el comportamiento sísmico de ambas estructuras.

A continuación, se muestra una tabla resumen

Tabla 19: Comparación sísmica entre el sistema convencional y prefabricado

Intensidad Sísmica		Prefabricado $S_d=0.578\alpha g$	In situ $S_d=0.653\alpha g$
$\alpha g$	0.05g	Ead = 20.81KN	Ead = 23.51KN
		dr = 8mm	dr = 7mm
$\alpha g$	0.15g	Ead = 62.42KN	Ead = 70.52KN
		dr=23.6mm	dr=20.9mm
$\alpha g$	0.25g	Ead = 104.04KN	Ead = 117.54KN
		dr=39.4mm	dr=34.8mm
$\alpha g$	0.35g	Ead = 145.66KN	Ead = 145.66KN
		dr= 54mm	dr= 48.6mm

Tomado de “Edificios industriales de hormigón armado prefabricados frente a colados in situ sometidos a cargas sísmicas: una evaluación mediante una prueba pseudodinámica”, Ferrara et al, 2004

- $\alpha g$ : Aceleración
- Ead: Fuerza cortante en la base
- dr: Desplazamiento
- $S_d$ : Desplazamiento espectral

Se puede observar en la tabla que las estructuras de concreto vaciado in situ poseen una mayor fuerza cortante en la base y menor desplazamiento, sin embargo, sus valores son cercanos a los obtenidos al ensayar la estructura prefabricada, por lo que el sistema resulta ser confiable. Finalmente, a partir de múltiples ensayos, llegaron a la conclusión de que las estructuras construidas con prefabricados son capaces de resistir cargas sísmicas de forma fiable y análoga (Ferrara et al., 2004).

López (2016) afirma que la industria del prefabricado de concreto posee una serie de condiciones idóneas para cumplir con los principios que rigen el plan de acción sobre la economía circular.

Dicho plan de acción consiste en completar el ciclo de vida útil de una edificación sin obtener residuos, de manera que se vuelva una solución industrializada. Es así como los prefabricados se adaptan a esto por el menor mantenimiento que necesita, el uso más eficiente de recursos, la reciclabilidad, la mayor durabilidad que posee, etc. (López, 2016). Aunque tradicionalmente el diseño aplicado en la industria no considera los deshechos al final de la vida útil de una estructura, para López (2016), debería considerarse como un factor para fomentar la industrialización. Trabajar con prefabricados facilita el desmonte de los elementos, evitando así, demoliciones más perjudiciales para la economía y el medio ambiente. A continuación, se muestra una tabla en la que se indican los distintos escenarios a ocurrir de implementar prefabricados en la construcción.

Tabla 20: Escenarios ante la implementación de prefabricados

Submódulo	Escenarios
Uso del producto instalado	Emisión potencial al suelo o a las aguas subterráneas (uso exterior) o al aire interior (dentro de los edificios), si influyera (generalmente no hay correlación directa).
	Proceso de carbonatación (si es considerada)
Mantenimiento	Generalmente no se prevé mantenimiento
	Posibles tratamientos periódicos de limpieza para aquellos elementos con fines especiales (por ejemplo, valor estético)
Reparación	La reparación puede ser necesaria en caso de daños accidentales a los elementos estructurales o a elementos con fines estéticos
Sustitución	-
Rehabilitación	-
Uso de energía para el funcionamiento	La energía utilizada para los sistemas de calefacción y aire acondicionado integrados en los elementos (sólo en aquellos casos en que los productos prefabricados de hormigón tengan una importancia crucial)
Uso de agua para el funcionamiento	El agua utilizada para los sistemas de calefacción y aire acondicionado integrados en los elementos (sólo en aquellos casos en que los productos prefabricados de hormigón tengan una importancia crucial)

Tomado de "Economía circular en los prefabricados de hormigón: hacia el objetivo". Lopez, 2016

Un estudio realizado por Polat (2010), dio a conocer las barreras que impiden la adaptación de sistemas prefabricados, centrando su investigación en Estados Unidos y Turquía. Para ello determinó una serie de factores, los cuales fueron corroborados a través de encuestas a contratistas, diseñadores y fabricantes de prefabricados de ambos países. A continuación, se muestra la lista de barreras que se encontraron

Tabla 21: Barreras que influyen en la adaptación de prefabricados

<b>Barreras</b>
Costo de implementación
Restricciones de tamaño y carga en transporte
Variedad de prefabricados
Resistencia ante sismos
Disponibilidad de ingenieros estructurales especializados en prefabricados
Disponibilidad de personal obrero especializado en prefabricados
Disponibilidad de contratistas especializados en izaje
Falta de comunicación entre las partes responsables
Actitud de los sindicatos
Nivel de satisfacción de los ocupantes del edificio

Tomado de “Sistemas de hormigón prefabricado en países en desarrollo frente a países industrializados”, Polat, 2010

A partir de ello, se obtuvieron respuestas de ambos países. Los estadounidenses consideraron las restricciones de tamaño y carga en transporte, la mala comunicación entre las partes involucradas y la falta de contratistas como tres de las principales barreras por las que no se maximiza la adopción de prefabricados. Por otro lado, los encuestados turcos afirmaron que la mala comunicación entre las partes, la falta de ingenieros estructurales y la falta de contratistas especializados en izaje resultan ser las 3 barreras más importantes (Polat, 2010). Asimismo, es importante resaltar que Turquía al ser un país en vías de desarrollo presentó otros factores tales como:

- Bajos salarios a los trabajadores
- Falta de mano de obra calificada
- Falta de especialización
- Bajo uso de tecnologías avanzadas
- Normativas nacionales

Bakhaty y Kaluarachchi (2020) realizaron un estudio en el que detallan los factores y barreras para lograr la adopción exitosa de prefabricados. En dicho estudio, analizaron el déficit de viviendas existentes en Egipto y a partir de una búsqueda de factores en países desarrollados y en desarrollo llegaron a la conclusión que el problema no se soluciona con métodos convencionales. Es decir, se necesita de un nuevo enfoque en la construcción que introduzca los prefabricados como alternativa de solución (Bakhaty & Kaluarachchi, 2020).

Encontraron que en algunos países se hacen presente paradigmas tales como asumir que los prefabricados son de mala calidad, lo cual representa una falta de conocimiento tecnológico y falta de formación y experiencia por parte de los profesionales en el rubro (Abdel - Razek, 1998).

Asimismo, la adopción de dichos elementos se ve limitada por algunas barreras tales como la falta de legislaciones y apoyo gubernamental para lograr la adopción de métodos innovadores en la industria. Se señala también que existe una dependencia por la construcción con concreto vaciado in situ, el cual es el sistema predominante en muchos países (Aburas, 2011). A continuación, se muestra un resumen de los factores encontrados en el estudio (Bakhaty & Kaluarachchi, 2020)

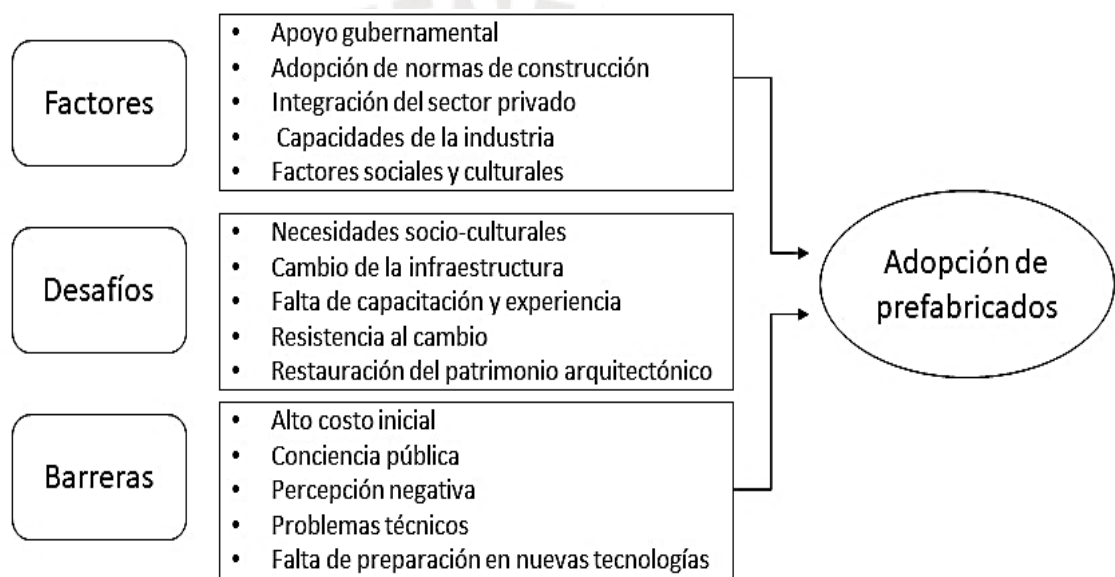


Figura 3: Factores que influyen en la adopción de prefabricados

Tomado de “Factores críticos de éxito, barreras y desafíos para la adopción de la prefabricación fuera del sitio”, Bakhaty y Kaluarachchi, 2020

La industria de la construcción se encuentra dentro de un sistema fragmentado, donde no existe un buen sistema de integración ni comunicación. Es por ello por lo que se espera que BIM (por sus siglas en inglés *building information modeling*), promueva la eficiencia del proyecto y solvante algunos de los inconvenientes presentados en el transcurso de una obra (Mahamadu et al., 2014).

Mahamadu, Mahdjoubi y Booth (2014), realizaron un estudio en el que evalúan los factores que influyen en la adopción de BIM en el sector construcción, bajo un marco de trabajo TOE.

Resaltan las investigaciones de otros autores, tales como Davies y Harty (2013), quienes afirman que uno de los principales factores que influyen en la aceptación o rechazo de una tecnología involucra las percepciones por parte de los usuarios sobre las consecuencias que esta adopción generaría. A continuación, se muestra una tabla resumen del marco de trabajo TOE con los factores encontrados por los autores del estudio.

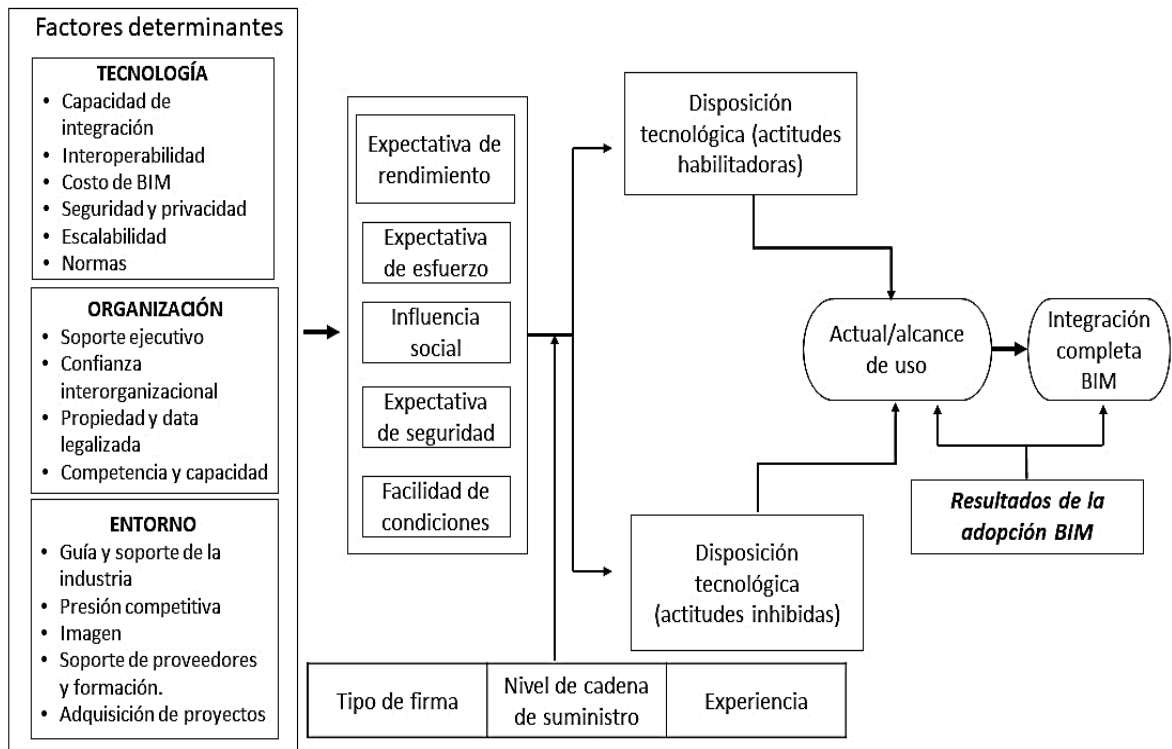


Figura 4: Factores que influyen en la adopción BIM

Tomado de: "Determinantes de la aceptación del Modelado de información de construcción (BIM) para la integración de proveedores" Mahamadu, et. al, 2014

Así también, Scheer, Santos, Quevedo, Filho y Boica (2005), realizaron un estudio sobre la relación que existe entre la filosofía Lean Construction y la adopción de prefabricados. Aseguran que al adaptar los prefabricados se enfrentan a una serie de factores que aumentan el nivel de incertidumbre generado en un proyecto. Algunos de los factores que mencionan son la topografía, el cambio de clima, la poca experiencia de trabajadores, las largas distancias existentes entre el lugar de fabricación y el lugar de colocación, etc. (Scheer et al., 2005). Afirman que el desafío es lograr una construcción con bajo desperdicio, alta calidad, plazos de ejecución exactos y cantidad de recursos necesaria (de manera que se evite tener inventario de sobra).

A continuación, se muestra una tabla en la que se detallan algunas barreras y problemas encontrados en la construcción con prefabricados y el principio Lean Construction usado para solventar dicho problema

*Tabla 22: Prefabricación y Lean Construction*

<b>Problema/barrera</b>	<b>Principio Lean Construction</b>	<b>Herramienta Lean Construction</b>	<b>Corrección</b>
Almacenamiento excesivo de material	Sistema Pull	Kanban	Promover la agilidad en la comunicación con el lugar de construcción
Excesiva pérdida de tiempo en partidas	Just in time	Multi-task workers	Contar el tiempo, controlar horarios y tareas
Falta de estandarización y planificación del proyecto	Heijunka	Lotes pequeños/ producción sincronizada	Establecer estándares de procedimiento
Falta de compromiso y comunicación entre los miembros del equipo	Uso adecuado de recursos humanos	Multi-task workers/Kaizen	Establecer comunicación entre departamentos
Falta de información sobre problemas resueltos y por resolver	Gestión visual	Andon/ paneles de luz	Promover la participación de trabajadores en la resolución de problemas
Movimiento excesivo del personal y material	Flujo	Eliminación de residuos y procesos	Comunicación para evitar cuellos de botella

*Tomado de “La tecnología de la información como factor de éxito para un sistema de construcción ajustado en una industria de la construcción de hormigón prefabricado” Scheer, et.al, 2005*

La prefabricación fuera del sitio resulta ser actualmente uno de los enfoques innovadores para lograr la industrialización del sector construcción. Según Oti-Sarpong y Burgees (2020) la adopción de la fabricación fuera del sitio está basada en la creación de una plataforma dominante que sirve como impulso para adaptar nuevas innovaciones y lograr un cambio en la forma de trabajar de la industria (Oti-sarpong & Burgess, 2020). Asimismo, afirman que el gobierno es un factor importante en la adopción de nuevas tecnologías y resaltan a partir de una búsqueda de literatura, que el objetivo del gobierno es crear un sector que construya viviendas de calidad en poco tiempo y a bajo costo.

Oti-Sarpong y Burgees, determinan factores para lograr la adopción de la construcción fuera del sitio dividiéndolos en tres niveles: paisajes, regímenes y ubicación conveniente. Se definen como paisajes a conflictos entre la creación de estructuras rígidas y las prácticas o creencias de la sociedad. Un paisaje comprende factores amplios, influyentes en el régimen y en la ubicación conveniente de la construcción

Los regímenes envueltos en los paisajes hacen referencia a normas y reglas que orientan a los profesionales proporcionando estabilidad al sector sociotécnico de la industria. Los factores de este nivel involucran tecnologías y nuevas prácticas y se encuentran en un proceso continuo de desarrollo para mantener los cambios actualizados.

Finalmente, la ubicación conveniente de la construcción hace referencia a transformaciones tecnológicas y cambios radicales. Es importante resaltar que los tres niveles están conectados, por lo que los factores se verán interconectados entre sí. Se tienen ubicaciones convenientes integradas en regímenes y estos a su vez integrados en paisajes (Geels, 2005). Se presenta la lista de factores encontrados a partir de los niveles antes mencionados

- Factores a nivel de paisaje y régimen y ubicación conveniente
  - Políticas económicas gubernamentales (medidas de austeridad)
  - Aumento de personas sin hogar
  - Baja oferta de viviendas
  - Cambio climático
  - Migración laboral

## **2.6. BIM**

### **2.6.1. Conceptos básicos**

BIM (*Building Information Modeling*) es una metodología que ha comenzado a cambiar el método tradicional de diseño, construcción y gestión de edificios. Se define como un conjunto de metodologías de trabajo y herramientas que se caracterizan por el uso de información de forma coordinada, computable, coherente y continua, empleando varios modelos compatibles que contengan toda la información del edificio a elaborar (Coloma, 2008).

Es conocido que las prácticas tradicionales generan errores y pérdidas, ya que usualmente se dispone de un flujo pobre de información. La implementación de una metodología BIM, utilizando modelos digitales durante todo el proyecto, significa la eliminación de retrabajos y



costos generados por una incorrecta interoperabilidad de datos. Sin embargo, no es suficiente con adaptar un modelo digital, es necesario también, incorporar nuevos procesos y mejorar los que ya existen.

En el sector construcción, están presentes incompatibilidades entre sistemas, imposibilitando el intercambio de información de manera rápida y eficiente. Es por lo anterior que el objetivo de la metodología BIM consiste en evitar la pérdida de valor de información durante el ciclo de vida de un proyecto, asegurando un mayor esfuerzo de procesamiento de información en cada etapa (Choclán Gámez et al., 2014).

La digitalización de dicho sector representa una gran oportunidad para lidiar con todos los desafíos estructurales que se generan en la industria, ya que esta adopción permite mejorar las prácticas desarrolladas y los métodos de ingeniería, los flujos de trabajo digital y las competencias tecnológicas alcanzando un nivel elevado de exigencia en cada proyecto (EUBIM TASKGROUP, 2017).

Algunas de las ventajas de implementar BIM en un proyecto son:

- Reducción de tiempos
- Integración de la información
- Reducción de errores al detectar las incompatibilidades desde la etapa de diseño.
- Trabajo colaborativo
- Realismo
- Integración de 2D y 3D

### **2.6.2. BIM aplicado a la prefabricación**

La implementación de BIM en proyectos de construcción genera una oportunidad inmejorable para que los sistemas prefabricados se consoliden como una variante industrializada en el sector, resaltando juntos las ventajas proporcionadas como la rapidez en la ejecución, control de diseño en proyecto y obra, eficiencia, calidad y reducción de costes (Lopez, 2016).

A su vez, ante la coyuntura de la pandemia mundial, mantener la distancia social se ha vuelto un factor indispensable en todas las industrias. Como se ha demostrado en los acápites anteriores una de las principales ventajas de trabajar con prefabricados es el poco personal que requiere en obra. Esto también representa una oportunidad en el sector para adaptar a

mayor escala el uso de prefabricados, que potenciados con la metodología BIM impondrían una mayor rigurosidad y definición en la construcción.

Asimismo, la implementación de BIM representa una mayor industrialización, abriendo camino al uso de prefabricados de concreto. Estos elementos no permiten errores durante el proyecto, ya que es muy difícil cambiar el diseño una vez empezada la obra, es por ello que implementar BIM en el diseño de prefabricados significa partir desde la configuración geométrica obteniendo una mayor precisión dimensional, de manera que queden inequívocamente definidos (Lopez, 2016).

El objetivo es ilustrar visualmente el modelo del elemento en BIM y su aplicación en obra, de manera que se puedan corregir los errores desde el proceso de diseño y se pueda realizar un seguimiento de la construcción, dicha implementación también permite que todos los subcontratistas trabajen juntos a través de una red de información evitando conflictos (Lopez, 2016).

A continuación, se presentan algunas de las ventajas de implementar BIM en la prefabricación de elementos de concreto armado:

- Reducción de errores.
- Fabricación exacta del modelo.
- Registro automático de la documentación del proyecto (generación automática de planos, transporte, logística, etc.).
- Disminución de plazos y costos (permite la simulación con las diferentes soluciones presentadas, eligiendo finalmente la más conveniente).

## **2.7. Lean Construction**

### **2.7.1. Conceptos básicos y principios**

Lean Construction se define como una filosofía orientada hacia la gestión de la producción en construcción, tiene como objetivo eliminar o reducir todas las actividades que no aportan valor al proyecto y optimizar las actividades que si lo generan. Uno de sus principales enfoques es crear herramientas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y sistemas que minimicen los residuos (Lean Construction Institute, 2016).

Lauri Koskela clasifica los residuos de construcción en 7 categorías

- Defectos
- Demoras
- Excesos de procesamiento

- Excesos de producción
- Exceso de inventario
- Transporte innecesario
- Movimiento no útil de personas

Actualmente, en el sector construcción dichas categorías no son consideradas debido a que se tiene un erróneo concepto de producción. Se trabaja con un modelo de conversión (en el que solo se consideran las actividades que aportan valor al proyecto), en lugar de un modelo de flujo de procesos (en el que están incluidos los transportes, las esperas y las inspecciones). Es esa una de las principales razones por las que el Perú tiene un nivel de productividad tan bajo (Ghio, 2001).

Koskela (1992) propone once principios:

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor
- Incremento del valor del producto
- Reducción de la variabilidad
- Reducción del tiempo del ciclo
- Simplificación de proceso
- Incremento de la flexibilidad de la producción
- Transparencia del proceso
- Enfoque del control al proceso completo
- Mejoramiento continuo del proceso
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión
- Referenciación (Benchmarking)

Estos principios son eficientes en el sector construcción solo si la empresa que lo implementa centra la gestión del proyecto en la integración de los participantes para concebir dicho enfoque (Marhani et al., 2012).

### **2.7.2. Prefabricados bajo el enfoque *lean project delivery system***

Lean Construction se concreta mediante el modelo de gestión de lean Project Delivery System (lpds), también conocido como el sistema de entrega de proyectos de Lean. Tiene como objetivo desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras, de modo que se produzca una evolución en la mejora del desempeño desde la fase de diseño hasta el fin de ciclo de vida del proyecto (Alarcón & Pellicer, 2009).

Mediante el Lean Project Delivery System los agentes que participan del proyecto se involucran desde la planificación a través de equipos multifuncionales. El control de este tiene la función de detectar problemas a tiempo y optimizar los esfuerzos para conseguir un flujo de trabajo fiable (Lichtig, 2010).

El modelo LPDS presenta 5 fases (Definición del proyecto, diseño, suministro, ensamblaje y uso) y esto a su vez genera 11 etapas (objetivos, criterios de diseño, conceptos de diseño, diseño de procesos, diseño de producto, ingeniería de detalle, fabricación y logística, instalación, puesta en marcha, explotación y mantenimiento y final de vida útil) incluyendo también el módulo de control de producción y el módulo de estructuración del trabajo (Ballard & Zabelle, 2000).

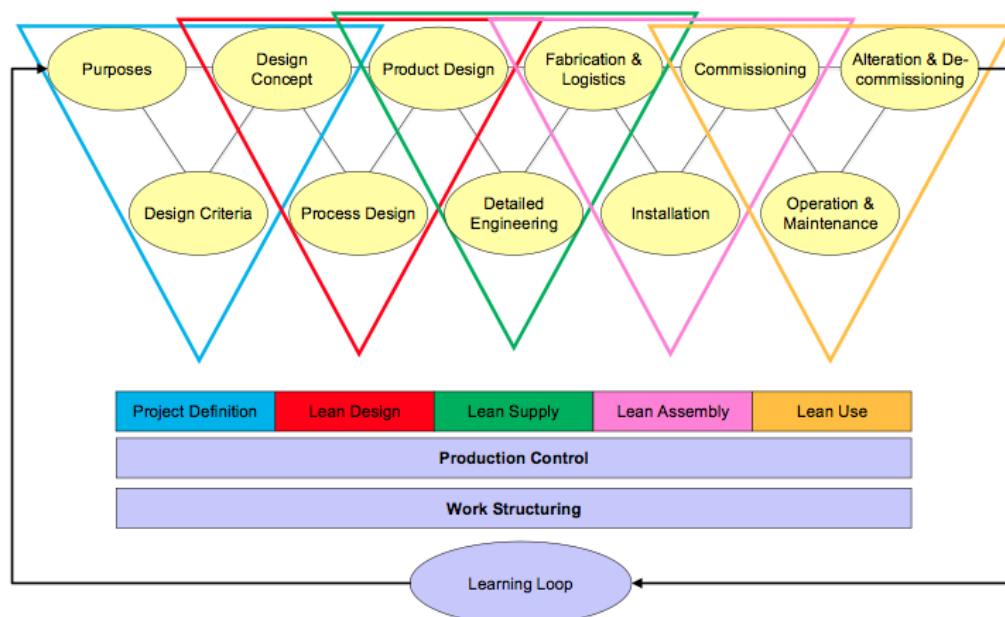


Figura 5: Lean Project Delivery System

Tomado de Lean Construction, México, 2019

Los prefabricados al ser un sistema industrializado se alinean perfectamente a este modelo. Según un estudio realizado por Ponz-Tienda y Vasco (2016), al aplicar esta metodología en un determinado proyecto con prefabricados se lograron avances en la reducción de tiempos de producción de cada actividad, cumpliendo con la premisa de la gerencia y la empresa de no generar grandes inversiones en maquinarias e inventario. Asimismo, se logró una producción eficiente bajo los parámetros de LPDS al comenzar la producción de placas prefabricadas y una reducción económica debido a la baja cantidad de mano de obra utilizada (Ponz-Tienda & Vasco, 2016).

Ante la coyuntura actual debido al COVID 19, los equipos de construcción se deben adaptar rápidamente a las nuevas realidades. Implementar un sistema como LPDS junto con

la adopción maximizada del uso de prefabricados en obra representa un gran avance en el sector y para lograrlo se deben superar en la medida de lo posible, las barreras existentes.

## **2.8. Modelo de adopción de prefabricados basado en TOE**

Debido a los problemas de carácter global que se enfrentan actualmente, el sector construcción se ve en la necesidad de asumir nuevos retos para adaptarse a los cambios. Reemplazar el sistema constructivo actual (vaciado in situ) por prefabricados, representa un gran avance en la industria y una forma segura de restaurar el sector. Sin embargo, a pesar de los buenos resultados que han presentado, su adopción es lenta.

A partir de los estudios presentados anteriormente se pudo encontrar distintos factores que influyen en la adopción de prefabricados de concreto, estos se pueden clasificar en factores influyentes, barreras y facilitadores.

- **Factores influyentes**

- ❖ **Reducción de plazos de ejecución:** Ante el estado de emergencia impuesto por el gobierno peruano debido a la pandemia mundial COVID 19, una gran cantidad de obras en construcción se han visto paralizadas.

En algunos casos, en obras de plazos muy reducidos las empresas se ven en la necesidad de adaptar un nuevo sistema que les permita terminar la obra en el plazo estimado. Implementar prefabricados en esta situación, se convierte en una solución integral ya que la velocidad de entrega permite la posibilidad de recuperar el tiempo perdido (Valentine-Selsey,2020).

- ❖ **Reducción de mano de obra:** Una de las principales medidas de prevención para retomar las actividades en la industria, consiste en mantener el distanciamiento social obligatorio. Esta medida se presenta con el fin de preservar la salud de los trabajadores y el bienestar en el entorno de trabajo.

El sistema tradicional in situ requiere de una gran cantidad de mano de obra para lograr solventar las necesidades de construcción, por lo que no permite la implementación del distanciamiento social debido a la gran demanda de personas en un mismo espacio. En contraste, los sistemas prefabricados requieren de una cantidad reducida de personas haciendo posible adoptar las medidas de seguridad implementadas (Toledo, 2020).

Esta metodología podría ser una opción eficiente a corto plazo y con el tiempo lograr su adopción a mayor escala debido a las ventajas y oportunidades que presenta (Toledo, 2020).

- ❖ **Sostenibilidad:** Debido a la necesidad de la industria de reinventarse, es necesario que la construcción industrializada sea más ambientalmente sostenible que la construcción tradicional, de esta manera, se pretende asegurar su estadia permanente en el sector. Los sistemas prefabricados generan menor producción de residuos, presentan soluciones ecológicas y reciclables y en algunos casos utiliza recursos naturales (Gonzales, 2020).

- **Barreras**

- ❖ **Desconocimiento y lenta adopción de innovación:** En el sector construcción se presentan varios contratistas con baja experiencia y pocos recursos económicos para lograr implementar un sistema que, para ellos, es completamente nuevo generando miedo e incertidumbres.

Tal como se observó en estudios previos, las universidades no preparan profesionales especialistas en construcción con prefabricados. Esto genera que a la hora de realizar el proyecto exista una falta de personal calificado, considerando ingenieros, arquitectos y personal obrero (Ji et al., 2018).

- ❖ **Restricciones sociales:** Ante la coyuntura actual debido a la pandemia mundial (COVID 19), algunas poblaciones restringen el ingreso de agentes externos. Es decir, no permiten ingresos de personas que no sean parte de la comunidad para evitar contagios masivos. De esta manera se dificulta trabajar con prefabricados ya que se necesita maquinaria especial y personal calificado (FILAC, 2020).

- ❖ **Bajos recursos:** Perú es considerado como un país en vías de desarrollo, por lo tanto, no todas las empresas cuentan con grandes capitales. Debido a la pandemia mundial, se han impuesto muchas restricciones de producción y servicio, lo que ha ocasionado que las empresas sigan teniendo egresos sin generar ingresos. Por este motivo se ha producido una crisis que obliga (en algunos casos) a las empresas a reducir su personal al mínimo necesario.

Esto perjudica introducir la tecnología de prefabricados en la industria, ya que actualmente las empresas cuentan con un capital reducido, tratando de recuperarse de las paralizaciones a la que se vieron sometidos (Delgado, 2020).

- ❖ **Falta de maquinaria:** Actualmente, los prefabricados no son el sistema constructivo predominante en el sector construcción. Por ese motivo, si bien

existen empresas prestadoras de las maquinarias necesarias para la instalación, la industria no está preparada para una adopción masiva de prefabricados, Esto generaría un déficit de maquinarias y un retraso en las obras, ya que no se podría abastecer al 100% la demanda generada en un posible escenario.

- ❖ **Falsos paradigmas:** En un país como Perú, donde la construcción con prefabricados no es una práctica común, se generan muchos paradigmas sin respaldo empírico. El alto costo, el mal comportamiento que tiene frente a sismos, el incumplimiento de normas, la mala calidad, el diseño limitado y la falta de equipos para la colocación, se encuentran entre los más destacados (Sanabria & Monroy, 2018).

Sin embargo, existen estudios que comprueban que muchos de estos paradigmas son falsos, esto se demuestra en el estudio presentando anteriormente, realizado por Ferrera, Colombo, Nieto y Toniolo (2004).

- ❖ **Resistencia al cambio:** Como se ha mencionado en acápites anteriores, el método de construcción predominante en Perú es el sistema convencional de vaciado in situ. Dicho sistema lleva en el sector mucho tiempo teniendo la confianza de las empresas constructoras. Esto representa una barrera debido a que muchos profesionales prefieren optar por lo seguro y conocido.

- ❖ **Apoyo gubernamental:** En muchos países, los gobiernos están muy presentes en el sector construcción con el fin de beneficiar a su población construyendo viviendas de buena calidad, a bajo costo y en tiempo reducido (Oti-sarpong & Burgess, 2020).

El gobierno peruano podría no estar dispuesto a invertir en dicho sector debido a otras necesidades provocadas por la llegada de la pandemia mundial.

- ❖ **Transporte:** El transporte de prefabricados representa una barrera debido a la necesidad de trasladar elementos de grandes dimensiones de un lugar otro. Usualmente las plantas de fabricación de prefabricados se encuentran lejos del lugar de construcción de la obra, por lo que incluso los elementos podrían sufrir daños.

- **Facilitadores**

- ❖ **BIM:** La metodología BIM se presenta como un facilitador para lograr la adopción de prefabricados en la industria debido a que permite la disminución de plazos y

de errores, así como la creación un modelo exacto según los requerimientos del cliente.

❖ **Lean Construction:** La implementación de la filosofía Lean Construction en la construcción con prefabricados, facilita la adopción de estos elementos debido a los aspectos que mejora. Se ha demostrado que implementar dicha filosofía ha logrado la reducción de tiempos de producción de cada actividad, así como una buena gestión del proyecto de inicio a fin (Ponz-Tienda & Vasco, 2016).

A continuación, se presentan los factores encontrados en un marco de trabajo TOE, clasificando los mismos en los aspectos mencionados anteriormente.

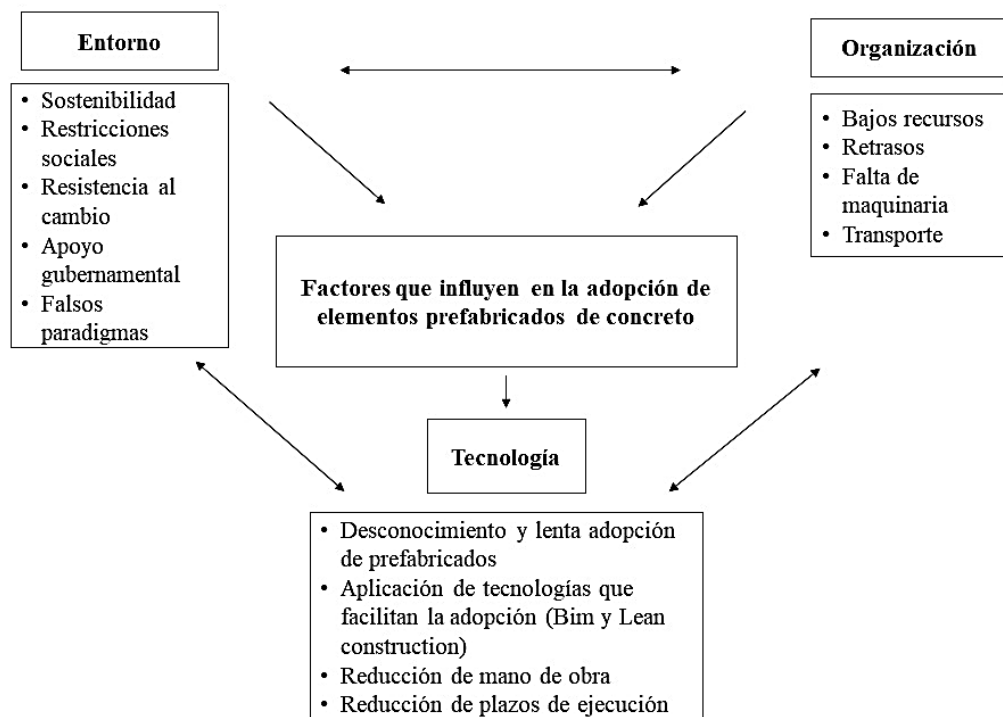


Figura 6: Marco de trabajo TOE

En el aspecto de entorno se encuentran las restricciones sociales que podrían generarse debido a la oposición de algunas comunidades a dejar ingresar agentes externos. Esto último con la finalidad de evitar contagios masivos. Asimismo, se encuentra la sostenibilidad que representa la adopción de prefabricados en la industria, ya que al adaptar una nueva tecnología se espera que esta sea más ambientalmente sostenible que la que predomina actualmente (vaciado in situ).

Finalmente se encuentran los falsos paradigmas, la resistencia al cambio y el apoyo gubernamental, los cuales dependen netamente de las características y opiniones de la industria y los miembros que la conforman.



Por otro lado, en el aspecto organizacional se encuentran los bajos recursos que poseen algunas empresas para adaptar los prefabricados como sistema predominante y la dificultad que representa el transporte de algunos elementos prefabricados.

Se intuye que el sector construcción no está preparado para afrontar una adopción masiva de prefabricados, pues la falta de maquinaria necesaria para la instalación de estos representa una barrera. Por último, los retrasos por falta de comunicación entre los miembros del proyecto y la mala gestión también se ubican en este apartado.

En el aspecto tecnológico, se encuentra el desconocimiento y la lenta de adopción de prefabricados, lo cual resulta ser un problema proveniente desde la etapa estudiantil de los especialistas. Por ello se busca implementar nuevos estudios e introducir dichos conocimientos en las universidades. Asimismo, la reducción de mano de obra y plazos de ejecución son netamente beneficiosos en este caso debido a la necesidad de reducir la aglomeración de personas y de optimizar tiempos para recuperar la para que se tuvo durante todo el periodo de cuarentena impuesto en el país. Finalmente, se encuentran es esta sección la filosofía Lean Construction y la metodología BIM, los cuales representan nuevas tecnologías que las empresas deberían adquirir para lograr resultados satisfactorios, reduciendo tiempos y costos.



## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA**

La presente investigación consiste en realizar un modelo de adopción de prefabricados con el fin de determinar los factores que influyen en la adopción de dichos elementos. Dicho estudio ha partido desde una elaborada revisión literaria en la que se detallan conceptos básicos alineados a BIM y Lean Construction como potenciadores de los beneficios de la prefabricación. Los pasos para realizar dicha investigación se muestran a continuación.

### **3.1. Revisión literaria**

Como primera parte del trabajo, se recopilará información siguiendo la estructura de la revisión literaria para conocer los conceptos básicos necesarios que permitan lograr una investigación satisfactoria.

Es así, como se detallarán las definiciones de prefabricados y su respectiva clasificación, dando a conocer los diversos tipos de elementos que existen en la industria. Así también, se darán a conocer los antecedentes de este sistema constructivo y se realizará un estado de adopción que permita conocer el crecimiento del sistema en los últimos 10 años.

Se comparará el uso de elementos prefabricados y el concreto vaciado in situ para demostrar la gran cantidad de indicadores en los que el sistema prefabricado es superior. Así también, se presentarán las ventajas y desventajas de su implementación, así como estudios pasados que demuestren su efectividad y conceptos básicos de BIM y Lean Construction como potenciadores de sus beneficios. Finalmente, a partir de toda la información recopilada, se encontrarán algunos factores que influyen en la adopción elementos prefabricados de concreto, encontrando factores influyentes, barreras y facilitadores. Estos serán clasificados mediante el marco de trabajo TOE (tecnología, organización y entorno) presentando finalmente la lista de factores encontrados en la literatura.

### **3.2. Diseño de la investigación**

En base a la literatura y los factores obtenidos, se realizará el diseño de entrevistas semiestructuradas. Este tipo de entrevistas ofrece al investigador la oportunidad de sondear a los encuestados con un cambio al curso de la entrevista según las respuestas obtenidas, respetando también la estructura básica previamente preparada (Diaz et al., 2013).

En este proceso también se realizará la definición del público objetivo, definiendo un perfil para los entrevistados, así como las preguntas más relevantes a realizar. Cabe resaltar que las entrevistas serán diseñadas bajo el marco de trabajo TOE, de manera que se puedan agrupar las preguntas en los tres grandes grupos existentes.

### **3.3. Recolección de datos**

Una vez terminado el proceso de estructuración de encuestas, se procederá a realizar las entrevistas al público objetivo definido anteriormente.

### **3.4. Procesamiento de información y análisis de resultados**

Una vez concluido el proceso de recolección de datos, se procederá a realizar el estudio predeterminado con el fin de conocer la apreciación de los especialistas en construcción (ingenieros de campo, diseñadores, gerentes de empresas dedicadas a la fabricación de prefabricados, etc.) sobre el tema abordado previamente.

Se procesará la información y se realizará un análisis cualitativo a partir de la información encontrada, para ello se reflejará la entrevista por escrito seleccionando solo las respuestas que agreguen valor a la investigación.

### **3.5. Discusión de resultados**

Con la información procesada y analizada, se discutirán los resultados obtenidos de manera que se obtengan respuestas a los objetivos planteados. En este apartado se analizarán todos los factores encontrados y se realizará la comparación con los factores encontrados en la literatura.

### **3.6. Conclusiones y recomendaciones**

Finalmente se brindará una serie de conclusiones y recomendaciones presentando los objetivos planteados al inicio de la investigación, así como respuestas a las preguntas de investigación.

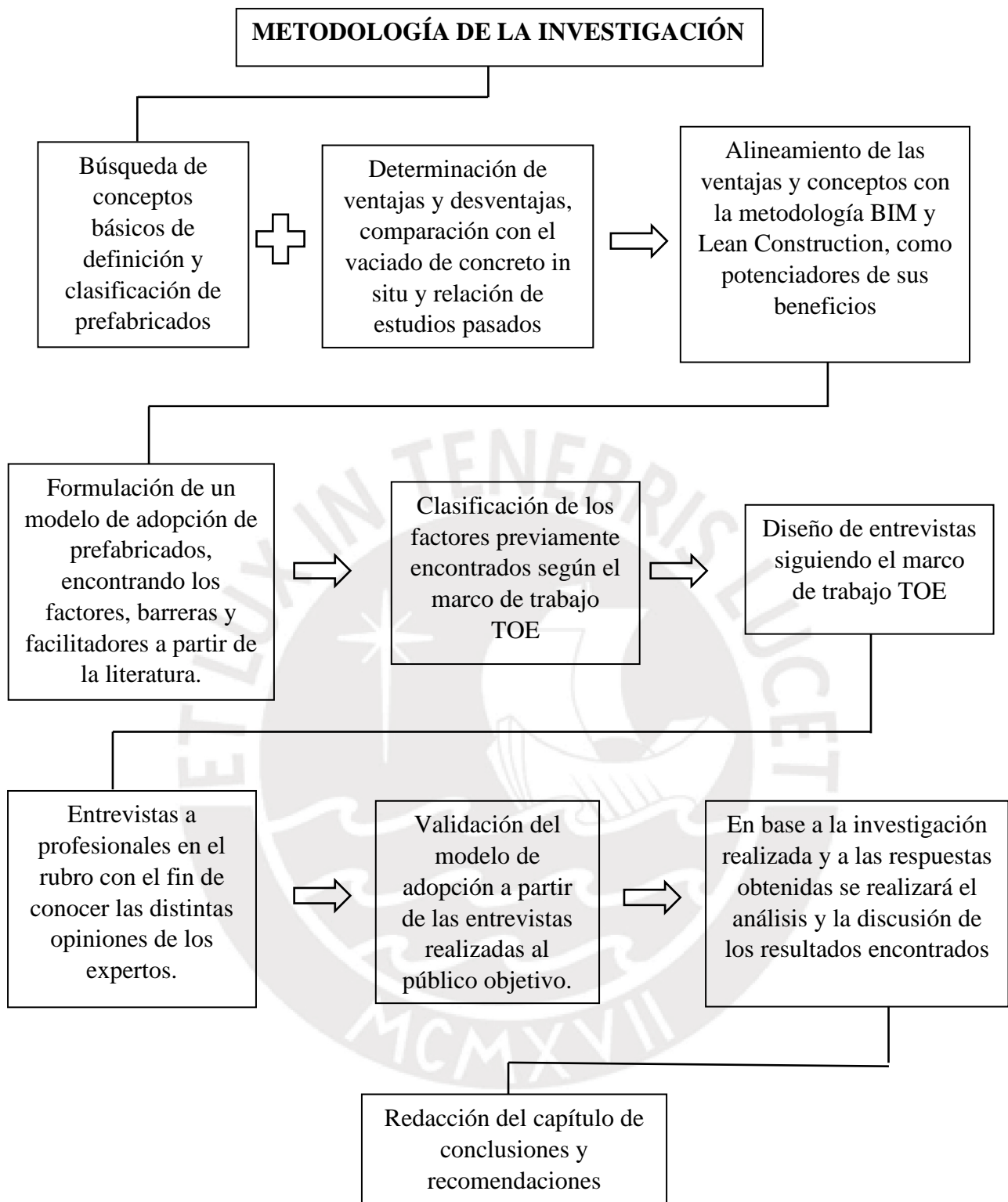


Figura 7: Metodología de la investigación

## **CAPÍTULO 4: DISEÑO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

En el presente capítulo se llevará a cabo el diseño de entrevistas semiestructuradas con el objetivo de conocer las opiniones de ingenieros estructurales, ingenieros civiles dedicados a la gestión de proyectos, contratistas y fabricantes de prefabricados. Una vez obtenidas las entrevistas se recolectará la información del público objetivo para finalmente realizar una transcripción completa.

Es importante seleccionar al público objetivo y determinar un perfil para cada especialista antes mencionado. Cabe resaltar que todos los entrevistados deben tener conocimientos previos sobre prefabricados y haber trabajado como mínimo en una obra que haya implementado este sistema constructivo. Esto logrará obtener una mejor calidad en las respuestas, permitiendo una entrevista fluida. A continuación, se presentan las consideraciones para cada uno de ellos:

- **Ingenieros estructurales:** Los ingenieros estructurales seleccionados para el estudio deben contar con una experiencia mínima de 5 años trabajando en el sector construcción, de manera que puedan tener el conocimiento suficiente para responder las preguntas y puedan narrar experiencias en la construcción de obra.
- **Ingenieros dedicados a la gestión de proyectos:** Los ingenieros dedicados a la gestión de proyectos seleccionados para el estudio deben contar con una experiencia mínima de 5 años trabajando en el sector construcción, de manera que puedan tener el conocimiento suficiente para responder las preguntas y puedan narrar experiencias en la gestión de la obra.
- **Contratistas:** El entrevistado debe ser un trabajador de una empresa de prefabricación con mínimo 3 años de experiencia en el rubro. Esto permitirá que brinde información importante acerca de la instalación, transporte, maquinaria y cuadrilla necesaria ante tiempos de Covid.
- **Fabricantes de prefabricados:** El entrevistado debe ser un trabajador de una empresa de prefabricación con mínimo 3 años de experiencia en el rubro. Esto permitirá que brinde información esencial acerca de la calidad de los materiales y el tiempo de duración.

### **4.1. Diseño de entrevistas**

Las entrevistas se diseñarán bajo el marco de trabajo TOE, presentado anteriormente.

Todas las entrevistas iniciaran pidiendo que el profesional narre una experiencia previa trabajando con prefabricados, a partir de la cual se iniciará la realización de preguntas presentadas en la imagen 4 de acuerdo con las respuestas que se obtengan en el momento.

Finalmente se cerrarán las entrevistas consultando al entrevistado que es lo que cambiaría para que su empresa/gerencia/proyecto decida optar por el uso de prefabricados.

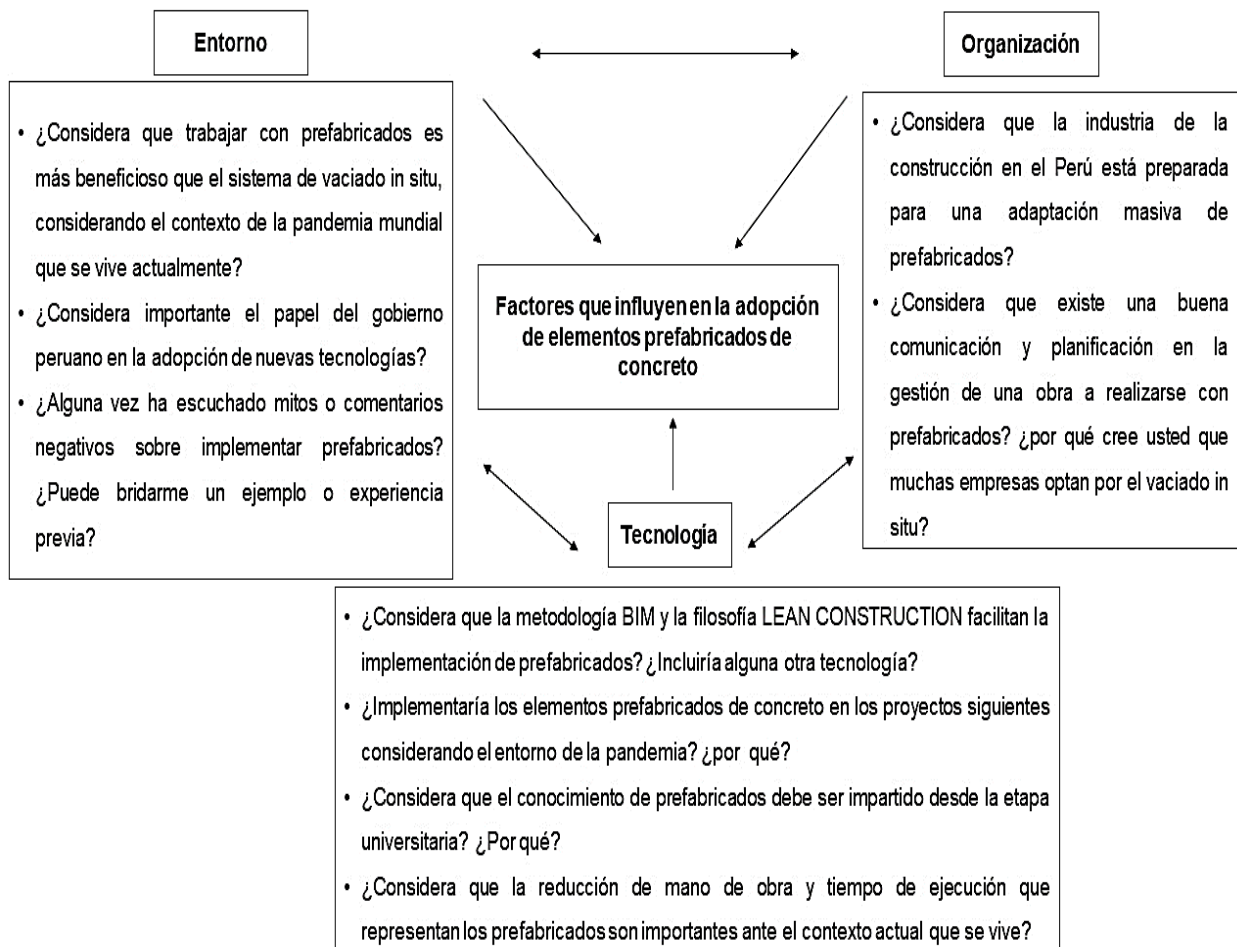


Figura 8: Diseño de entrevistas

#### 4.2. Recolección de información

Las entrevistas se realizaron a 18 ingenieros involucrados en el área de prefabricación. Se logró obtener la opinión de las empresas líderes de este rubro, así como la opinión de algunos expertos internacionales que permitieron obtener una visión clara del panorama mundial. El ID, el cargo, la profesión y la experiencia de cada entrevistado se encuentra en la tabla presentada a continuación. Cabe resaltar que por criterios de confiabilidad no aparece el nombre de las personas entrevistadas.

Tabla 23: Resumen de entrevistados

ID	Cargo	Profesión	Experiencia (años)	N° de proyectos con prefabricados	Fecha de entrevista	Duración minutos
E-01	Gerente de unidad de negocios en prefabricados	Ingeniería civil	19	100	11/09/2020	73
E-02	Gerente general	Ingeniería civil	22	10	11/09/2020	60
E-03	Docente	Ingeniería civil	15	4	13/09/2020	33
E-04	Gerente general	Ingeniería civil	18	4	13/09/2020	20
E-05	Gerente general	Ingeniería Mecánica	24	100	16/09/2020	68
E-06	Gerente general	Ingeniería civil	8	15	16/09/2020	62
E-07	Jefe de oficina técnica	Ingeniería Civil	18	100	16/09/2020	95
E-08	Gerente de productos de concreto	Ingeniería civil	22	100	17/09/2020	60
E-09	Consultor en prefabricados	Ingeniería civil	30	100	24/09/2020	63
E-10	Gerente de proyectos	Ingeniería civil	10	7	24/09/2020	70
E-11	Jefe de planta de prefabricados	Ingeniería civil	15	100	25/09/2020	33
E-12	Gerente de proyectos	Ingeniería civil	17	10	26/09/2020	82
E-13	Gerente general	Ingeniería civil	62	100	1/10/2020	62
E-14	Gerente de proyectos	Ingeniería civil	15	15	6/10/2020	58
E-15	Gerente de proyectos	Ingeniería civil	13	2	9/10/2020	57
E-16	Ingeniero de proyectos	Ingeniería civil	5	2	23/01/2021	69
E-17	Coordinadora de la unidad de prefabricados	Ingeniería civil	8	30	25/02/2021	57
E-18	Jefe regional de prefabricados	Ingeniería civil	11	50	12/05/2021	44

La opinión de los expertos sirvió para confirmar la información detallada en la revisión de la literatura y a partir de las experiencias narradas, se pudo encontrar nuevos factores.

Se obtuvo 18 horas de entrevista, las cuales fueron transcritas en su totalidad por la autora de la tesis. Se puede encontrar la transcripción completa de las entrevistas en el siguiente enlace.

<https://drive.google.com/drive/folders/1FtQIBnwp3WMWapvGxbXTRmxi0JchFPVf?usp=sharing>





## CAPÍTULO 5: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo, se procesará la data recolectada y se realizará el análisis de resultados utilizando el programa N-Vivo, el cual permite hacer un estudio cualitativo de las respuestas obtenidas en las entrevistas generando cuadros estadísticos que permiten la comparación de los resultados. Para dicho análisis se clasificaron las entrevistas por nodos según los conceptos seguidos para identificar los factores. Una vez codificadas las entrevistas se emitió un reporte donde se pudo conocer las percepciones repetitivas en todas las entrevistas.

### 5.1. Procesamiento de información

A partir de la data recolectada se procedió a encontrar los factores que influyen en la adopción de prefabricados, utilizando el programa NVivo12. Este programa cuenta con una aplicación conocida como “análisis por nodos” que permite establecer la cantidad de factores repetitivos encontrados en cada entrevista. Lo anterior permitió analizar la data de manera detallada dando como resultado los siguientes factores:

*Tabla 24: Factores encontrados según las entrevistas*

ENTORNO	ORGANIZACIÓN	TECNOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento técnico</li> <li>• Educación</li> <li>• Falta de normativa peruana</li> <li>• Bajo costo de mano de obra</li> <li>• Falta de apoyo gubernamental</li> <li>• Cambios en obra</li> <li>• Falta de difusión</li> <li>• Falta de oferta y demanda</li> <li>• Restricciones sociales</li> <li>• Mitos y paradigmas</li> <li>• Pandemia mundial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de ingeniería de valor en etapas tempranas</li> <li>• Falta de maquinarias</li> <li>• Interdependencia de empresas proveedoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM Y Lean Construction</li> <li>• Reducción de plazos</li> <li>• Tergiversación del sistema de prefabricados</li> <li>• Reducción de mano de obra</li> </ul>



El análisis presentado en la tabla 25 se obtuvo después de codificar todas las entrevistas en el programa NVivo 12. En dicha tabla se muestra la cantidad de entrevistados que estuvieron de acuerdo en los mismos apartados. Lo anterior permitió realizar un análisis detallado reforzando los factores mencionados en la literatura. Así también fue posible encontrar nuevos factores y descartar otros detectados en el marco teórico.

El gráfico 3 presenta los resultados de las entrevistas. El factor de mayor incidencia fue la falta de educación de este tema en la etapa universitaria. El total de los entrevistados respondieron que es necesario que el tema de la prefabricación sea enseñado desde la etapa formativa debido a que permite que los profesionales salgan al campo con una visión innovadora, lo que permite a su vez mitigar los paradigmas que trae consigo dicho sistema constructivo. Se llegó a la conclusión de que el hecho de que no se considere la prefabricación dentro de la formación universitaria, representa una barrera.



*Gráfico 3: Factores que influyen en la adopción de elementos prefabricados*

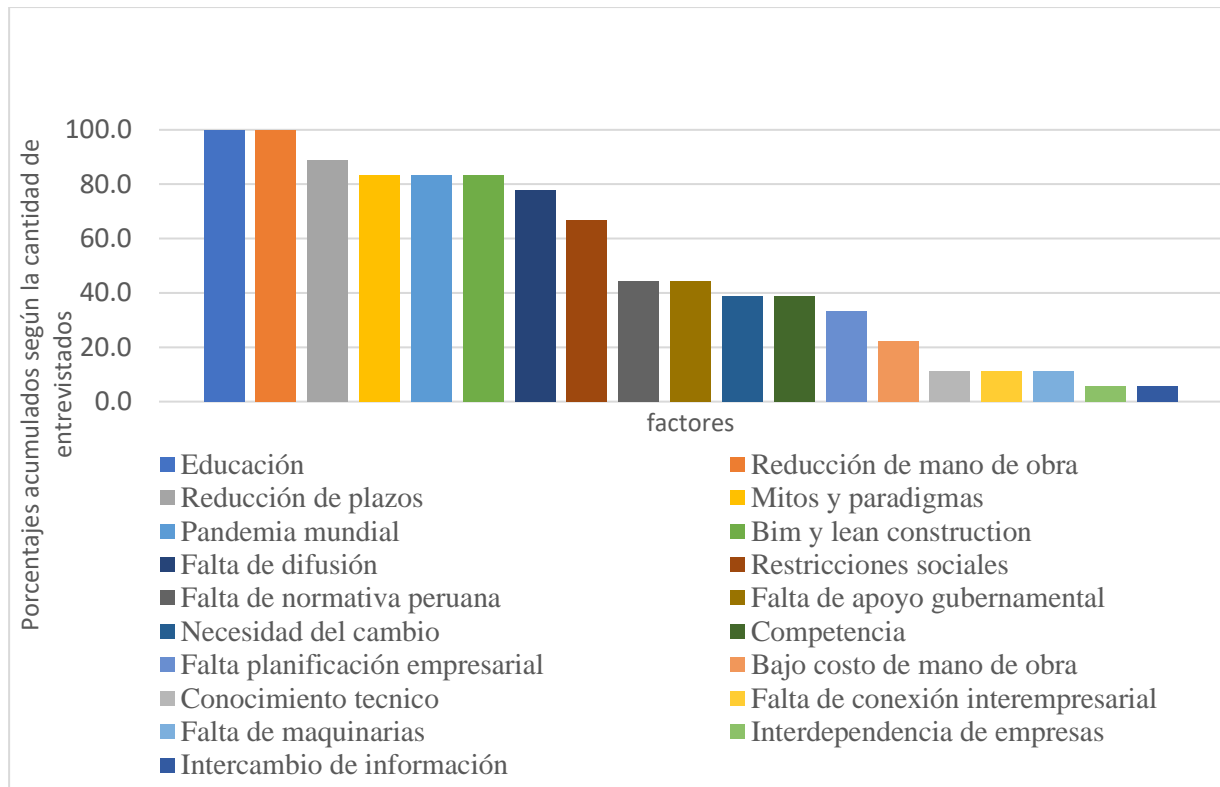
Por otro lado, luego de la educación, se encuentran los factores de reducción de mano de obra y reducción de plazos de ejecución. La mayoría de los entrevistados respondieron que

consideran estos factores los más importantes debido a que representan las ventajas más marcadas de utilizar este sistema.

La pandemia mundial se hizo presente como un influenciador para usar este sistema en las obras de construcción. Debido a la situación actual que se vive por la COVID 19, las empresas buscan una alternativa de solución para lograr cumplir con los plazos establecidos utilizando la mitad del personal en obra. Así también muchos de los entrevistados creen que la metodología BIM y la filosofía Lean Construction son herramientas muy necesarias para la maximización de este sistema. Por último, al mismo nivel se ubican la falsas creencias y mitos de la industria, entre ellos los mitos del sismo y del alto costo que suponen los prefabricados. Así también se encontraron los mitos y paradigmas y la falta de difusión como barreras que impiden la adopción a gran escala de los prefabricados. A continuación, se muestra una tabla que detalla todos los factores encontrados y la respectiva frecuencia obtenida para cada uno de ellos.

*Tabla 26: Porcentajes obtenidos de los factores según la cantidad de entrevistados*

<b>FACTOR</b>	<b>FRECUENCIA (%)</b>
Educación	100
Reducción de mano de obra	100
Reducción de plazos	88.9
Mitos y paradigmas	83.3
Pandemia mundial	83.3
Bim y lean construction	83.3
Falta de difusión	77.8
Restricciones sociales	66.7
Falta de normativa peruana	44.4
Falta de apoyo gubernamental	44.4
Cambios en obra	38.9
Competencia	38.9
Falta de ingeniería de valor en etapas tempranas	33.3
Bajo costo de mano de obra	22.2
Conocimiento tecnico	11.1
Falta de conexión interempresarial	11.1
Falta de maquinarias	11.1
Interdependencia de empresas proveedoras	5.6
Intercambio de información	5.6



*Gráfico 4: Frecuencia de cada factor según la cantidad de entrevistados*

Finalmente se obtuvo el porcentaje de los factores clasificados según el marco de trabajo TOE. Se encontraron factores de entorno, organizacionales y tecnológicos teniendo finalmente un total de 53%, 21% y 26% respectivamente.

## CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se llevará a cabo la discusión de los resultados obtenidos en el capítulo anterior. Se desarrollará y explicará cada factor y se realizará la comparación con los factores obtenidos en el marco teórico. La Tabla 27 presenta los factores encontrados tanto en la literatura como en las entrevistas realizadas a los especialistas en el rubro

Tabla 27: Comparación de factores según la literatura y el juicio de expertos

FACTORES	LITERATURA	DATOS EMPÍRICOS
<b>ENTORNO</b>		
Educación	X	X
Mitos y paradigmas	X	X
Pandemia mundial		X
Falta de difusión		X
Falta de apoyo gubernamental	X	X
Cambios en obra		X
Falta de oferta y demanda		X
Restricciones sociales	X	X
Falta de normativa peruana		X
Bajo costo de mano de obra		X
Conocimiento técnico		X
Sostenibilidad	X	
Falta de conexión interempresarial		X
<b>ORGANIZACIONALES</b>		
Falta de ingeniería de valor en etapas tempranas		X
Falta de maquinarias	X	X
Interdependencia de empresas proveedoras		X
Transporte	X	
<b>TECNOLÓGICOS</b>		
Reducción de plazos	X	X
Reducción de mano de obra	X	X
BIM	X	X
Tergiversación del sistema de prefabricados		X

## **6.1. Factores de entorno**

Según los resultados obtenidos, el 53% de los factores encontrados en las entrevistas corresponden a factores de entorno. En este grupo se encuentran los factores asociados con la industria, el entorno que se vive actualmente y la ausencia o presencia de especialistas y proveedores. Así también se hacen presente los factores relacionados directamente con el gobierno y las restricciones que este presenta.

### **6.1.1. Educación**

Según las entrevistas realizadas, el factor más influyente en la adopción de elementos prefabricados de concreto resultó ser la educación. Este factor conocido por la gran mayoría de profesionales como “la academia” se hizo presente en todas las entrevistas.

Se estableció el mismo como una barrera, debido a que, en la educación superior no se enseña el sistema de prefabricación o afines. Lo anterior genera que los nuevos profesionales egresen e inicien a trabajar en el campo sin estos conceptos previos. De esa manera los ingenieros recién egresados no tienen ideas innovadoras y prefieren dejarse guiar por sus superiores, lo cual lleva muchas veces a caer en los distintos paradigmas que aqueja este sistema. Asimismo, la enseñanza de prefabricados no solo beneficia a los alumnos, sino también a los maestros que imparten dichos cursos, ya que permite que se mantengan actualizados y utilicen a mayor escala dichos elementos. Aplicar la enseñanza de este sistema desde la etapa universitaria genera que los conocimientos se dupliquen y los tiempos se reduzcan, esto se debe a que las empresas reducen el tiempo de enseñanza a los recién egresados, debido a que solo complementan su aprendizaje. Por otro lado, se determinó que no existe mucha investigación por parte de las universidades ni empresas, no se tiene una base de datos sobre la cual los alumnos y egresados puedan guiarse y utilizar prefabricados. Es por ello por lo que el factor de la educación se ubicó en primer lugar como el más importante, con un 100% de incidencia. Este resultado era de esperarse ya que también se encontró este factor en la literatura. Según estudios previos esta barrera genera que exista un déficit en la cantidad de profesionales especializados en este tema, lo que impide a su vez que más profesionales utilicen dicho sistema, provocando la lenta adopción de este.

### **6.1.2. Mitos y paradigmas**

Como una de las principales barreras se presentan los mitos y paradigmas que aqueja este sistema. Este factor se ha hecho presente como una barrera en la industria que impide maximizar la adopción de prefabricados. A través de los años han surgido gran cantidad de

mitos tales como la fisuración que pueden sufrir los elementos al ser trasladados, la mala calidad y malos acabados que pueden tener en la fabricación, la falta de seguridad en el izaje, el costo excesivo que puede significar su adopción, el mal comportamiento ante sismos, entre otros. Sin embargo, se ha comprobado a través de estudios y la propia experiencia de los expertos en prefabricación que los supuestos problemas presentados anteriormente son solo mitos.

De todos los anteriores el más comentado y el que más problemas ha traído es el mito del sismo. Por muchos años esta falsa creencia ha acompañado al sistema de prefabricación como una de las barreras más notorias en la industria. Existe el paradigma de que los elementos prefabricados no poseen buenas conexiones entre elementos y que hay una gran falta de monolitismo, esto genera supuestamente, un mal comportamiento ante movimientos telúricos. Para el entrevistado E-05, el mito del sismo tiene que ver con la fecha de origen de ambos sistemas. La construcción convencional con vaciado in situ lleva en el mercado mucho más tiempo que los prefabricados, es por eso por lo que, para el ingeniero entrevistado, nace el mito del mal funcionamiento de dichos elementos ante sismos. Afirma a su vez, que la historia sería completamente diferente si la construcción con elementos prefabricados hubiese aparecido antes que la construcción convencional de vaciado in situ ya que, de ser el caso, el sistema en mención tendría mucha más acogida. No obstante, las opiniones de los expertos están divididas. El 13% de los entrevistados opina que en el Perú aún no ha habido un movimiento telúrico lo suficientemente grande como para asegurar el buen comportamiento de estos elementos ante sismos. Esto a pesar de que en otros países el funcionamiento de dicho sistema está debidamente comprobado. Por otro lado, el 87% afirma que sí poseen un buen funcionamiento basándose en el buen comportamiento que han presentado dichos elementos en países con sismicidad parecida a la de Perú. Esto último se puede comprobar directamente analizando el caso de Chile, dicho país posee una sismicidad muy parecida a la del Perú y frente al terremoto ocurrido en el 2010 se realizaron muchos análisis y estudios que permitieron verificar la eficacia de este sistema.

Este factor se encontró también en la literatura, por lo que se esperaba encontrar a su vez al realizar las entrevistas. Las diferentes opiniones obtenidas demuestra claramente la diversidad que existe en la industria y la disposición que tienen los ingenieros a adoptar este sistema. Es muy probable que el 13% que afirma que dichos elementos no tienen un buen comportamiento ante sismos, opten por no adoptarlo en sus futuras construcciones.



Mientras que, por otro lado, los ingenieros que abogaron por el buen comportamiento de estos son propensos a utilizar los mismos con mayor frecuencia.

### **6.1.3. Pandemia mundial**

La pandemia mundial aparece como un factor impulsador del uso de elementos prefabricados. Para los expertos, esta resulta ser una oportunidad única para lograr ingresar de forma permanente dicho sistema en la industria, ya que las empresas buscan subsistir adecuándose a las medidas de seguridad impuestas por el gobierno. Estas indican la reducción del personal de obra al 50% de la capacidad total, lo cual genera un retraso en tiempos y hace muy poco probable terminar un proyecto en el tiempo establecido contando con la mitad del personal. Dicho factor no estaba considerado en la literatura debido a su reciente aparición, la cual afecta directamente al sector construcción, pues incluso hubieron meses de detención obligatoria en todas las obras, dejando inconclusos muchos proyectos y generando la desaparición de pequeñas empresas.

Para el entrevistado E-01, gerente de la unidad de prefabricados en su empresa, hoy se vuelve prácticamente una obligación adoptar este sistema. Afirma a su vez que el interés en dichos elementos ha crecido en los últimos meses tras la aparición de la COVID 19, lo cual ha generado mayor movimiento en su unidad.

Sin embargo, a pesar del interés demostrado, el sector aun presenta barreras para maximizar su adopción, pues ante la caída de la economía y del valor agregado bruto de la construcción, se vuelve una tarea complicada adoptar nuevas tecnologías en las empresas.

### **6.1.4. Falta de difusión**

La falta de difusión de este sistema en la industria, resulta ser una barrera para maximizar el uso de prefabricados. En la actualidad, existe muy poca difusión sobre temas innovadores, motivo por el cual los mitos y paradigmas crecen con el paso del tiempo. Este papel de difusión les corresponde netamente a las empresas líderes en prefabricación, ya que son ellas las que deben impulsar el crecimiento del sistema en el sector. El entrevistado E-08, admite que, como empresa han tenido falencias en este tema y reconoce que es un factor importante para lograr su adopción a mayor escala. Es por eso por lo que en los últimos meses han venido dictando cursos y dando a conocer un poco más los beneficios de implementar este sistema a través de charlas dirigidas a todo público, desde estudiantes hasta egresados con experiencia.

Por otro lado, muchos afirman que hace falta poner al conocimiento y disposición de todo el sector, los casos de éxito que se han obtenido al utilizar este sistema. Esto con el fin de mitigar las falsas creencias y tratar de reducir el miedo de implementar estos elementos. Cabe resaltar que este factor se dio a conocer a partir de las entrevistas, ya que no estaba contemplado en la literatura.

#### **6.1.5. Falta de apoyo gubernamental**

En el Perú, la presencia del gobierno en temas de construcción es casi nula. Para el 46.67% de los entrevistados, esto resulta ser una barrera debido a que consideran importante el papel del estado como un potente elemento de difusión de innovaciones. El gobierno tiene la capacidad y los requisitos para promover la modernización y hacer crecer al sector construcción, ya que implementar prefabricados en las obras resulta ser un proceso de industrialización que le conviene al país. Dicho factor se encontró también en la literatura, destacando el ejemplo de que, en otros países más desarrollados, el estado si cumple un papel importante en la adopción de tecnologías.

Por otro lado, para el 53.33% de los entrevistados, este factor no resulta ser una barrera, debido a que sostienen que el crecimiento y la difusión de dicho sistema no es un problema de falta de apoyo del estado, sino que es un problema a nivel de academia. Es decir, consideran que la mayor barrera por la que no se adoptan prefabricados a gran escala, resulta ser la falta de enseñanza de este sistema en universidades. Asimismo, resaltan la importancia del papel del estado para incrementar la relación entre la industria y la academia, así como para brindar las facilidades que se requieren para lograr la maximización de dichos elementos.

#### **6.1.6. Cambios en obra**

La industria de la construcción en el Perú tiene costumbres muy marcadas desde hace varios años. Una de ellas, resulta ser la necesidad de realizar cambios en el proyecto una vez iniciada la obra. Muchas veces, es el cliente quien solicita dichos cambios, pero en otras ocasiones son los mismos ingenieros quienes deciden realizar el cambio por diferentes motivos. Esto se debe a una mala planificación desde la etapa inicial y resulta ser un factor poco común debido a la baja eficiencia y a los altos costos que implican realizarlos. Dichos cambios, pueden ser estructurales, por solicitud del cliente o por intentar cambiar de sistema constructivo.

Este factor se hace presente en la industria como una barrera, ya que muchos ingenieros tienen marcada esta costumbre y se ven en la necesidad de tomar sus propias decisiones ante cualquier problema. El trabajar con prefabricados, hace que esta libertad de decisión se vea anulada debido a que, al trabajar con dichos elementos, se debe consultar ante los calculistas si se desea realizar cualquier cambio. Cabe resaltar que esto es poco factible y los casos de ocurrencia son muy bajos, debido a las grandes pérdidas en tiempo y costo que significa y a la baja calidad que presentaría el entregable final, ya que afecta la conformidad de obra.

#### **6.1.7. Falta de oferta y demanda**

La industria de la prefabricación en el Perú es muy limitada. En el ámbito legal solo existen seis o siete empresas formales capaces de absolver cualquier demanda. Sin embargo, algunos expertos consideran que esto representa una barrera en el sector debido a que, al tener una oferta limitada, la demanda se vuelve limitada también. Tener pocas empresas que dominen el rubro de la prefabricación, da espacio a la aparición de empresas informales o empresas pequeñas sin la capacitación adecuada, lo que finalmente termina por desprestigiar al sistema como tal. Asimismo, al crecer la competencia, el precio de dichos elementos disminuiría por la necesidad de mantenerse vigente, incrementando así el uso de este sistema.

No obstante, para otro grupo de expertos, no es posible hacer crecer una industria dirigida hacia un mercado reducido. El entrevistado E-14 afirma que el Perú al ser un país pequeño en cuanto a economía y PBI centraliza todo en Lima, lo cual genera que se genere un círculo vicioso sin crecimiento de oferta ni de demanda.

Cabe resaltar que, ante un incremento de demanda en el país, existiría una gran falencia debido a que solo las grandes empresas están preparadas para soportar dicha carga.

#### **6.1.8. Restricciones sociales**

Las restricciones sociales presentes en el país resultan ser una barrera para maximizar el uso de cualquier innovación. Particularmente al utilizar prefabricados en una obra, nace la incertidumbre y el miedo a lo desconocido. Este problema surge por una falta de difusión y por la costumbre de construir utilizando el sistema convencional de vaciado in situ. Cabe resaltar que la construcción con prefabricados no es un tema reciente, estos llevan en el mercado peruano aproximadamente veinte años. Sin embargo, la industria es bastante tradicional e informal por lo que es difícil generar el cambio. El entrevistado E-

06 afirma que para la sociedad en general, es más fácil dar el segundo o tercer paso que dar el primero, motivo por el cual el sector avanza de forma lenta. Además, se tiene una costumbre de copia y no mejora que termina por perjudicar al sector.

Así también, existe una gran resistencia al cambio en cuanto a la adopción de temas de innovación. En la industria de la construcción, las empresas tienen una estructuración soportada en contratistas de la casa que tienen un método de trabajo establecido. Lograr el cambio en estos casos se vuelve una tarea muy complicada ya que la mayoría de las veces se prefiere apostar por lo conocido. Para el entrevistado E-03, este problema también se hace presente en diseñadores estructurales y arquitectos, debido a que son muy rígidos en la norma y en la manera de desarrollar un entorno urbano. El hallazgo de este factor no es sorprendente debido a que se encontró también en la literatura.

#### **6.1.9. Falta de normativa peruana**

La falta de normativa peruana aparece como una barrera no identificada en la revisión de la literatura. En el Perú, no existe una norma directa que avale el comportamiento de pórticos y muros prefabricados ante sismos. En el artículo 16.1.2 de la norma E.060 de concreto armado se cita lo siguiente *“Las disposiciones del capítulo no cubren los requerimientos específicos para el diseño de pórticos y muros prefabricados que conformen el sistema sismorresistente de edificaciones ubicadas en las zonas de alto riesgo sísmico (zonas 2 y 3 de la NTE E.030). En este caso, los sistemas constructivos prefabricados serán considerados no convencionales”*

Un sistema constructivo no convencional emplea materiales o procesos no reglamentados por normativas peruanas. En estos casos se debe recurrir a SENCICO para la evaluación y aprobación de dichos procedimientos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Para los expertos, esta falta de normativa resulta ser una barrera debido a que ha bloqueado iniciativas de empresas por temor a construir con un sistema no validado en el Perú. No obstante, muchos afirman que el sistema de la prefabricación en el país se basa en normativas internacionales, tal como el ACI 318. Así también, el entrevistado E-15 asegura que los materiales usados para realizar concreto prefabricado, el proceso constructivo y la unión entre elementos están avalados por la norma, por lo que no se consideraría como un sistema no convencional.

#### **6.1.10. Bajo costo de mano de obra**

El bajo costo de la mano de obra se presenta como un factor muy controversial debido a las diferentes opiniones encontradas en las entrevistas. Este factor no se hizo presente en la literatura por lo que no se esperaba encontrar en esta última etapa.

Para un grupo de expertos, el bajo costo de la mano de obra en el Perú significa una barrera debido a que, mientras el precio de esta se mantenga, el uso de prefabricados se verá limitado. Según el entrevistado E-01, el costo de la mano de obra en el Perú es cinco veces más económica que en Europa. Para ellos es casi imposible sostener una construcción con una cantidad significativa de obreros, debido a que los costos que implicaría pagarle al personal serían muy elevados. Es por ese motivo que la mayoría de sus procedimientos son industrializados y los prefabricados tienen mayor acogida que la construcción convencional.

La empresa británica Turner & Townsend, dedicada a la consultoría de infraestructura, realizó un estudio en el que se dio a conocer el costo promedio de hora hombre en la construcción. Fue un país europeo (Zurich), quien destacó por su alto costo en mano de obra, siendo este de 110.7 dólares por hora. En segundo lugar, se ubicó Nueva York con 100 dólares la hora promedio para el trabajador. Por otro lado, América latina se posicionó en uno de los últimos puestos por sus bajos costos. Se determinó que, en Chile y Brasil, el costo promedio de mano de obra es de 9.2 dólares, seguido de Perú con 6.8 dólares y terminando con Buenos Aires con 2.3 dólares (Turner & Townsend, 2019).

Estas cifras demuestran los bajos costos que posee la mano de obra en América latina y lo sencillo que hace poner una gran cantidad de personal en obra. De esta manera, crear una industria modernizada se vuelve cada vez más complicado.

No obstante, algunos expertos consideran que el costo de mano de obra no representa una barrera debido a que aseguran que el costo de ésta será igual con cualquier método constructivo utilizado.

#### **6.1.11. Conocimiento técnico**

Una de las necesidades básicas al trabajar con prefabricados, es tener personal calificado para lograr implementar dicho sistema con éxito en un proyecto. En base a las entrevistas realizadas, los expertos consideran que esto representa una barrera debido a que, en el sector construcción peruano, es complicado conseguir mano de obra experta en prefabricación. El entrevistado E-12, asegura que el Perú es la única industria del mundo que permite contratar personal sin capacitación en obra. Lo anterior genera un problema

social porque la mayoría de contratados son personas desocupadas con mucha responsabilidad colectiva, lo que puede llegar a terminar en casos de corrupción y mafia. Es por ese motivo, que las empresas cuidan mucho al personal calificado en obra, y siguen todo un proceso de enseñanza al contratar nuevo personal.

El conocimiento técnico en prefabricación en el Perú es muy pobre, existen pocos diseñadores y supervisores dedicados a ello y hay muy pocos interesados en llevar especializaciones en este tema. Este problema resulta por una falta de difusión y una falta de enseñanza a nivel académico, con el fin de que más personas conozcan los beneficios de implementar este sistema, y el interés por llevarlo a cabo, sea cada vez mayor.

#### **6.1.12. Sostenibilidad**

La construcción convencional con vaciado in situ que se maneja en el país, ha sido criticada durante mucho tiempo por las pocas medidas ambientales tomadas en cuenta durante su proceso constructivo. Algunos antecedentes que aqueja este sistema son las altas emisiones de gases de efecto invernadero, los altos consumos de agua, de energía primaria y de materia prima, así como la gran ocupación de suelo. Es por eso por lo que, en la actualidad, se busca trabajar con una versión industrializada de la construcción en concreto (Lopez & Alarcón, 2016).

Es ahí donde se considera la sostenibilidad como un factor influyente para adoptar a mayor escala los prefabricados. Estos, al ser diseñados y construidos en una fábrica presentan niveles más altos de reducción de materiales, usando menor cantidad de recursos. Así también se lleva un control de calidad exhaustivo que permite que dichos elementos presenten un mayor tiempo de vida útil y puedan ser reciclados en distintas obras.

Cabe resaltar que este factor fue encontrado en la literatura y que fue avalado por un grupo de expertos, quienes consideran este como una de las principales ventajas de dicho sistema.

#### **6.1.13. Falta de conexión interempresarial**

La falta de conexión interempresarial se presenta como un factor negativo en la industria que hace referencia a la poca comunicación que existe entre las empresas dedicadas a la prefabricación. Solo las empresas más grandes poseen un sistema de intercambio de información con el fin de compartir aprendizaje y experiencias. Sin embargo, este sistema no se aplica en las empresas pequeñas por lo que no tienen un

ejemplo claro de los beneficios que trae la implementación de elementos prefabricados en un determinado proyecto.

Esto genera que las empresas y los ingenieros no opten por usar este sistema por una falta de pruebas y de verificaciones, generando un impacto negativo en la industria.

Es importante resaltar que este factor surgió a partir de las entrevistas realizadas a ingenieros pertenecientes a empresas de gran envergadura, así como a otros profesionales pertenecientes a empresas más pequeñas.

## **6.2. Factores organizacionales**

A partir de las entrevistas realizadas, se determinó que el 21% de los factores encontrados corresponden a factores organizacionales. En este grupo se encuentran todos los factores relacionados directamente con la organización empresarial y con las características y recursos que posee una empresa para afrontar cualquier situación.

### **6.2.1. Falta de ingeniería de valor en etapas tempranas**

A partir de las entrevistas, se dio a conocer un nuevo factor que afecta a la mayoría de las empresas. Este resulta ser la falta de planificación antes de iniciar un proyecto. En el Perú, muchas empresas no cuentan con un adecuado sistema de planificación, dando como resultado altas incertidumbres en el proceso y una falta de uniformidad en el entregable final.

Así también, tal como se explicó anteriormente, esta falta de planificación promueve de forma indirecta la necesidad de realizar cambios una vez iniciada la obra. Para la mayoría de los expertos, este factor presentado como una barrera se puede ver solventado utilizando algunas metodologías o filosofías que permitan tener una mejor visualización de todo el proyecto, teniendo la capacidad de solventar cualquier inconveniente antes de iniciar la etapa constructiva.

Según el entrevistado E-08, en la industria no se le dedica el tiempo suficiente a la planeación de un proyecto. Esta barrera, representa una falta de dedicación y genera que los ingenieros no puedan analizar cualquier alternativa que permita hacer cambios que signifiquen ahorros de tiempo y costos.

### **6.2.2. Falta de maquinarias**

Otro factor, también encontrado en la literatura, es la falta de maquinaria que existe en el país. Perú posee un mercado de grúas pequeño que puede llegar a no satisfacer las

necesidades básicas de la industria ante el posible incremento de proyectos que las requieran. Asimismo, el costo de la maquinaria es alto y las empresas no optan por adquirirlas debido a que suponen un gasto excesivo al hacer el contrato. Sin embargo, la velocidad que impone trabajar con estos equipos y el ahorro en mano de obra y algunos materiales, hacen que su costo sea totalmente compensable.

Esto se considera una barrera debido a que, al trabajar con prefabricados, es indispensable el uso de maquinaria pesada que realice el izaje de elementos para su colocación posterior.

Con esto se puede concluir que, si las empresas no están decididas a adquirir grúas o equipos de soporte para la construcción, tampoco estarán convencidos para usar prefabricados. Algunos expertos plantean que la solución ante este problema es la difusión del sistema en mención, de manera que se pueda culturizar a las personas y hacerles entender los beneficios de adquirir la maquinaria y por consiguiente de emplear prefabricados en sus obras.

Al encontrar esta barrera, también se hizo presente en las entrevistas el tema del transporte de elementos prefabricados. Este factor fue encontrado a partir de la literatura, siendo destacado como una de las principales desventajas del sistema. Sin embargo, al entrevistar a los expertos, se dio a conocer que este supuesto factor no representa una barrera en el sector, ya que, en la actualidad, las empresas están lo suficientemente preparadas para evitar este tipo de sucesos.

El entrevistado E-06, afirma que el tema del transporte depende netamente del proveedor. La empresa encargada de brindar los elementos debe considerar el tema del transporte desde la etapa de concepción del proyecto, ya que es necesario determinar cómo van a lograr la movilización intacta de estos.

Las grandes empresas de prefabricación evalúan desde un principio si es que vale la pena instalar una planta de prefabricación cerca al lugar de colocación. Esto se da sobre todo en proyectos de gran envergadura con ubicaciones lejanas a la planta central. De esta manera evitan cualquier tipo de accidente que se pueda generar en el transporte por tierra y aseguran la correcta llegada de los elementos a obra.

### **6.2.3. Interdependencia de empresas proveedoras**

Una de las barreras encontradas a partir de las entrevistas realizadas es la interdependencia que se genera con empresas proveedoras al implementar este sistema. Cuando se trabaja con la construcción convencional de vaciado in situ, los materiales



necesarios para avanzar con el proyecto se encuentran en el almacén de obra, mientras que, si se opta por emplear prefabricados, se genera una dependencia hacia la empresa proveedora de dichos elementos. Esto representa una barrera cuando se trata de empresas pequeñas o informales que pueden no llegar a cumplir con los tiempos acordados o tener algún problema de daño de elementos, lo que finalmente perjudica el avance de la obra. Según el entrevistado E-05, este problema no sucede a menudo en la industria debido a que la mayor demanda de prefabricados llega hacia las empresas formales dedicadas a este rubro. Estas empresas tienen un sistema que le obliga a cumplir con los requerimientos necesarios para no fallar en tiempo o en calidad, permitiendo que el cliente pueda avanzar el proyecto sin esperas ni retrasos.

### **6.3. Factores tecnológicos**

En este último grupo de factores, se encuentran todos aquellos relacionados con la aplicación de la tecnología en la industria, ya sea a nivel de empresa o a nivel de entorno.

#### **6.3.1. Reducción de plazos**

La reducción de plazos de ejecución se presentó como un factor influyente para maximizar el uso de prefabricados. Este factor se hizo presente en la mayoría de las entrevistas realizadas en las que fue destacado como uno de los principales beneficios de este sistema.

Con el uso de prefabricados se puede llegar a reducir hasta el 30% del tiempo en construcción, lo cual representa una gran ventaja económica. Esto debido a que disminuyen los costos administrativos, así como costos de equipos y materiales, entre otros.

Esta ventaja es mucho mayor cuando se incluye el sistema en centros comerciales, hoteles y todo tipo de estructura que genere ingresos al cliente. Una reducción de plazos de ejecución permite que la edificación inicie sus operaciones con un mayor tiempo de anticipación permitiendo que el cliente genere más ingresos.

Al igual que en el caso anterior, se esperaba encontrar este factor debido a que al ser una de las principales ventajas de este sistema, representa un factor influyente para lograr la adopción de elementos prefabricados de concreto.

#### **6.3.2. Reducción de mano de obra**

La reducción de mano de obra que implica este sistema se hizo presente como uno de los factores más importantes según el juicio de expertos. Al reducir la cantidad de

obreros implicados en el proceso de fabricación y ensamblaje se reduce directamente el costo de mano de obra. Lo anterior resulta ser una ventaja en la reducción del presupuesto ya que el costo de la mano de obra calificada va en constante aumento. Así también, permite que los obreros implicados en el proyecto se especialicen y se familiaricen con dicho sistema debido a que usualmente se mantiene a los obreros para distintos proyectos. Esto genera que se mejore la productividad y aumente el desempeño del personal obrero, ya que mientras más participen en obras ganan más experiencia.

Por otro lado, ante el contexto de la pandemia mundial, COVID 19, resulta ser uno de los principales motivos por el cual las empresas demuestran un marcado interés por adoptar este sistema. Con las medidas establecidas por el gobierno por la emergencia sanitaria, la industria se ha visto en la necesidad de reducir su personal al 50%. Para poder cumplir con los plazos establecidos se ven en la necesidad de buscar un sistema que permita aquello, ya que siguiendo con el sistema convencional es casi imposible terminar una obra en el mismo plazo y con la mitad de personal.

### **6.3.3. Aplicación de la tecnología BIM**

La aplicación de la filosofía y la metodología BIM se hace presente como el siguiente factor en la lista presentada anteriormente, siendo encontrado tanto en la literatura, como en las entrevistas. Para lograr la adopción de elementos prefabricados dicho factor es de vital importancia según la opinión de los expertos, ya que permite visualizar los modelos 3D y detectar interferencias, además de apoyar en la estructuración del proyecto. Así también, facilita la etapa de planeamiento y genera un valor agregado para el cliente.

Aplicar BIM en una empresa suele ser muy costoso, es por ese motivo por el que el número de empresas que lo usan en el Perú es limitado. Sin embargo, la aplicación de estas tecnologías pueden solventar muchos problemas y están directamente relacionadas con otros factores.

Previamente, se mencionó la necesidad de realizar cambios una vez iniciada la obra, como uno de los factores que impiden el crecimiento de los prefabricados. Aplicando el BIM, este problema se vería reducido debido a que, gracias al uso de estas tecnologías se puede tener una planificación exacta desde antes del inicio del proyecto, permitiendo la realización de cambios en la etapa previa a la construcción, logrando así que esta necesidad se vea mitigada.

El BIM es pieza clave para lograr la intercomunicación, y ayuda con todo el proceso colaborativo, generando un trabajo eficiente y detallado. Así también apoya en la etapa de

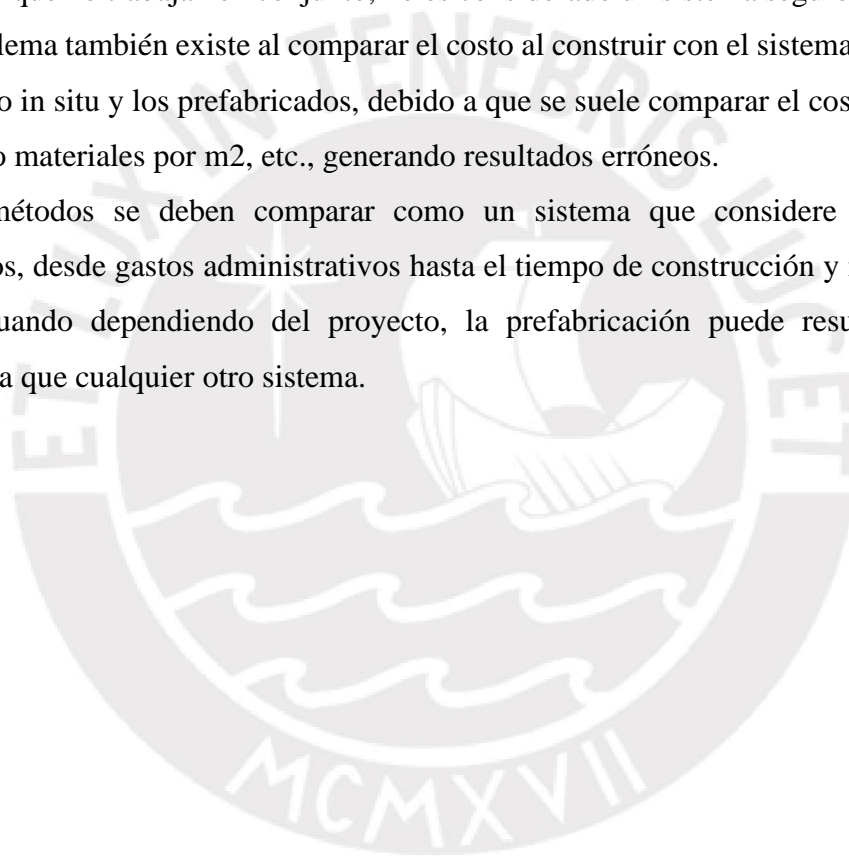
excavación y el diseño y es recomendable potenciarlo antes de la etapa de conformidad de obra. Cabe resaltar que es importante que la empresa que decida aplicar BIM tenga personal especializado, ya que de lo contrario solo representa un gasto económico.

#### **6.3.4. Tergiversación del sistema de prefabricación**

En la industria peruana, se tiene una idea equivocada en cuanto al sistema de prefabricación como tal. Muchos expertos aseguran que la sociedad suele ver a los prefabricados como elementos que actúan individualmente y no como un sistema. Es por ese motivo que nace el miedo, los mitos y los paradigmas, ya que al ser considerados elementos que no trabajan en conjunto, no es considerado un sistema seguro.

Este problema también existe al comparar el costo al construir con el sistema convencional de vaciado in situ y los prefabricados, debido a que se suele comparar el costo en cuanto a equipos, o materiales por m<sup>2</sup>, etc., generando resultados erróneos.

Ambos métodos se deben comparar como un sistema que considere todo tipo de parámetros, desde gastos administrativos hasta el tiempo de construcción y mano de obra. Es ahí cuando dependiendo del proyecto, la prefabricación puede resultar aún más económica que cualquier otro sistema.



## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

### 7.1. Conclusiones (respondiendo a preguntas de investigación y objetivos)

El factor más comentado en las entrevistas resultó ser la falta de educación en prefabricados en las universidades. Esto genera una gran barrera en la industria debido a que, dicha falta de educación genera una mayor tergiversación del sistema, generando mitos y paradigmas que luego se vuelven difíciles de mitigar.

Por otro lado, se pudo concluir que, efectivamente los profesionales están dispuestos a utilizar prefabricados en sus obras por todas las ventajas que posee. Asimismo, ante el contexto de la pandemia mundial, el interés para implementar este sistema en las obras aumenta debido a su perfecta adaptación a los protocolos establecidos por el gobierno. Sin embargo, aún no se han observado mayores cambios a nivel de ventas.

La reducción de plazos de ejecución y mano de obra se hicieron presentes como los principales beneficios del sistema. Estos factores fueron comentados por la mayoría de los entrevistados. No obstante, a pesar de todos los beneficios que aporta trabajar con prefabricados, la construcción con vaciado in situ es más utilizada en la industria peruana. Tal como se demostró en la investigación, el ratio de concreto prefabricado y concreto premezclado en el país, no supera el 4%. es decir, de todo el concreto elaborado a nivel nacional solo ese porcentaje pertenece al concreto prefabricado.

Por otra parte, se demostró a partir de estudios que trabajar con prefabricados es mucho más beneficioso que trabajar con la construcción convencional de vaciado in situ. Algunas de sus principales ventajas son la reducción de plazos y la reducción de mano de obra.

Así también, se llegó a la conclusión que una de las principales barreras que se presentan en la industria son los mitos y paradigmas que aqueja este sistema. Este problema nace desde la etapa formativa y es uno de los más difíciles de solucionar debido al desconocimiento de sus beneficios y a las restricciones sociales.

El mito del sismo se presenta como uno de los más debatidos al realizar las entrevistas. Para un grupo de expertos, trabajar con prefabricados asegura el buen comportamiento ante sismos, esto debido a las pruebas que existen a nivel mundial y al buen comportamiento que han presentado en países de sismicidad parecida a la del Perú. Sin embargo, para otro grupo de expertos, este sistema aún no ha sido probado en el país debido a que no ha habido un movimiento telúrico lo suficientemente fuerte para probar su efectividad.

Se puede deducir a partir de ello que el grupo de expertos que piensa que este sistema tiene un buen comportamiento ante sismos son más propensos a adoptar este sistema en sus obras, mientras que el otro grupo presenta ciertas restricciones.

Finalmente, se concluye que la mayor cantidad de factores encontrados pertenecen al grupo de los factores de entorno, es decir, la industria y el entorno que se vive actualmente son grandes influyentes de la adopción de prefabricados. Se encontró en la literatura que el transporte es considerado en la industria como una de las principales barreras para implementar prefabricados, esto debido a que los elementos pueden llegar a sufrir daños o fisuras mientras son llevados al lugar de colocación. Sin embargo, en las entrevistas se dio a conocer todo lo contrario. Los expertos afirman que este factor ya no representa una barrera en el sector y mucho menos una desventaja. Esto debido a que actualmente las empresas cuentan con un sistema bastante planificado que permite una traslación exitosa de elementos sin que sufran daño alguno.

## **7.2. Conclusiones (respondiendo a la importancia de la investigación para el sector)**

Con el uso de elementos prefabricados, aumentan los niveles de productividad de una obra debido a la reducción de tiempos y a la precisión que significa emplear este sistema. Así también, se tiene mayor confiabilidad debido a que se reduce la incertidumbre en el proceso y se tiene una mejor planificación desde el inicio del proyecto.

Es importante que todos los involucrados en el rubro de la prefabricación, comprendan y crean excepcionalmente en las ventajas, beneficios y posibilidades que este sistema ofrece. Solo de esa manera se podrá dar un paso hacia la industrialización, haciendo crecer el interés por la prefabricación en la industria.

La presente investigación responde a la necesidad del sector por dar un paso más hacia la industrialización. Los factores encontrados pueden ser usados como fuente para los tomadores de decisiones y para todo aquel que requiera conocer el porqué de la baja adopción de prefabricados. Se ha demostrado a partir de estudios y de la opinión de muchos expertos que el sistema posee muchos beneficios y que puede ser adaptado a cualquier tipo de obra.

### 7.3. Recomendaciones

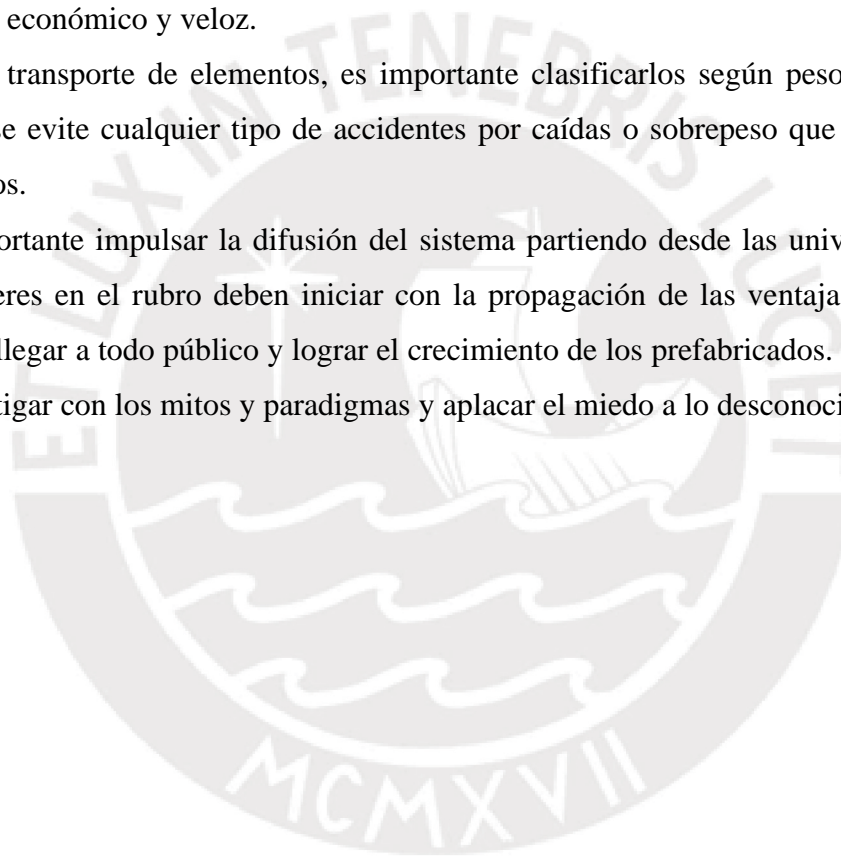
Es importante tener clara la planificación del proyecto desde antes de la etapa constructiva para evitar realizar cambios una vez iniciada la obra. Lo anterior, genera una falta de uniformidad en el entregable final, así como un incremento en costos y tiempos.

Es importante tener personal calificado en obra y en oficina para poder ejecutar el proyecto de forma exitosa, caso contrario se generan gastos excesivos e innecesarios, ya que luego se debe reemplazar a dicho personal.

Para optimizar tiempo y costos en un proyecto, es importante mantener un patrón sobre los elementos a fabricar, de manera que se puedan tener pocos moldes y el procesamiento de estos sea más económico y veloz.

Para el transporte de elementos, es importante clasificarlos según peso y tamaño, de manera que se evite cualquier tipo de accidentes por caídas o sobrepeso que pueda generar fisuras o daños.

Es importante impulsar la difusión del sistema partiendo desde las universidades. Las empresas líderes en el rubro deben iniciar con la propagación de las ventajas que posee el sistema para llegar a todo público y lograr el crecimiento de los prefabricados. De esa manera se logrará mitigar con los mitos y paradigmas y aplacar el miedo a lo desconocido.



## REFERENCIAS

- Aburas, H. (2011). Construcción fuera del sitio en Arabia Saudita: el camino a seguir. *Journal of Architectural Engineering*, 17(4), 122–124. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000048](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000048)
- Alarcón, C. L. F., & Pellicer, A. E. (2009). La producción sin pérdidas aplicada a la construcción. *Revista de Obras Públicas*, 45–52.
- Anippac. (2000). MANUAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS PREFABRICADAS Y PRESFORZADAS. En *Instituto de ingeniería UNAM* (Vol. 1).
- Baker, J. (2012). El marco tecnología-organización-entorno. En *Information Systems Theory* (Vol. 28, pp. 231–243). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2>
- Bakhaty, Y., & Kaluarachchi, Y. (2020). FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO, BARRERAS Y DESAFÍOS PARA ADOPTAR LA PREFABRICACIÓN FUERA DEL SITIO: UNA LITERATURA SISTEMÁTICA. *Escuela de Arquitectura y Entorno Construido, Universidad de London South Bank, September*, 366–375.
- Ballard, G., & Zabelle, T. (2000). *Definición del proyecto*. 1–10.
- Bimmx. (2018). *ELEMENTOS PREFABRICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN*. <http://www.bimmx.com/bloges/elementos-prefabricados-en-la-construccin>
- Cabrera, J. (2020, mayo 4). *Retos de la industria de la construcción post COVID-19 / Inmobiliario / Actualidad / ESAN*. Conexión Esan. <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2020/05/04/retos-de-la-industria-de-la-construccion-post-covid-19/>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & Gonzáles Márquez, R. (2014). Introducción a la Metodología BIM. *Philosophy and Phenomenological Research*. <https://doi.org/10.2307/2103629>
- Choo, B., & Newman, J. (2003). *Tecnología avanzada de concreto*.
- Collins, P. D., Hage, J., & Hull, F. (1988). *Predictores organizativos y tecnológicos del cambio en la automatización*. 31(3), 512–543.
- Coloma, E. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*.

<https://doi.org/10.1152/ajpheart.00216.2004>

De La Piedra, A. (2020). *Opinión: COVID-19: efectos en el sector inmobiliario / NOTICIAS GESTIÓN PERÚ*. <https://gestion.pe/opinion/covid-19-efectos-en-el-sector-inmobiliario-noticia/>

Delgado, R. (2020). *Sector Construcción*.

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2017.8054186>

Entrepisos Lima. (2017). *Piezas tecnológicas que optimizan la construcción*. 81–84.

EUBIM TASKGROUP. (2017). Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo. *Unión Europea*, 85.

Ferrara, L., Colombo, A., Negro, P., & Toniolo, G. (2004). *Edificios industriales de concreto prefabricado frente vs in situ sometidos a cargas sísmicas: una evaluación mediante pruebas pseudodinámicas*. 743.

FILAC. (2020). *La agricultura familiar indígena en tiempos de coronavirus es imprescindible / FILAC / Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y El Caribe*. <https://www.filac.org/wp/comunicacion/actualidad-gobierno/peru-mantiene-a-rama-el-coronavirus-de-una-reserva-de-indigenas-no-contactados/>

Flores, E. J., & Ramos, M. E. (2018). *Análisis y Evaluación de la Productividad en Obras de Construcción Vial*. Universidad Nacional de San Agustín.

Geels, F W (2005) Procesos y patrones en transiciones e innovaciones de sistemas: refinamiento de la perspectiva coevolutiva multinivel, pronóstico tecnológico y cambio social, 72 (6), 681-696

Gestión. (2020, abril 16). MVCS: Sector construcción trabajará a una capacidad menor al 50%, tras la cuarentena. *Gestión*.

Ghio, V. (2001). *Productividad en Obras de Construcción* (pp. 23–38).

INGEPLAN. (2014). *PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES*. 3, 1–4.

Interempresas. (2020). Los nuevos métodos de construcción impulsarán el sector inmobiliario



tras el Covid-19 - Arquitectura y Construcción.  
<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/306634-Los-nuevos-metodos-de-construccion-impulsaran-el-sector-inmobiliario-tras-el-Covid-19.html>

Ji, Y., Qi, L., Liu, Y., Liu, X., Li, H. X., & Li, Y. (2018). Evaluar y priorizar los factores de retraso de los proyectos de construcción de hormigón prefabricado en China. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112324>

Jiang, W., Huang, Z., Peng, Y., Fang, Y., & Cao, Y. (2020). Factores que afectan la promoción de la construcción prefabricada en China: un enfoque de modelado de ecuaciones estructurales. *Plos ONE*, 15(1), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227787>

Koskela, L. (1992). *Aplicación de la filosofía de nueva producción a la construcción*. Universidad de Stanford, Estados Unidos.

Lean Construction Institute. (2016). *¿Qué es el lean design y construction?*  
<https://www.leanconstruction.org/about-us/lci-tenets/>

Lichtig, W. (2010). *Acuerdo Integrado para Lean Project Delivery*.

Lopez, A. (2016). *BIM como oportunidad competitiva para el sector de los prefabricados de hormigón - BIM Channel*. <https://bimchannel.net/es/bim-prefabricados-de-hormigon/>

López, A. (2016). Economía circular en los prefabricados de hormigón: hacia el objetivo "cero residuos". *Cemento Hormigón*, 976, 74–78.

Lopez, A., & Alarcón, A. (2016). Hacia la sostenibilidad de la construcción con elementos prefabricados de concreto. *Noticreto*.

López, A., & Fernández-Ordóñez, D. (2015). *Una historia por escribir*. 8.

Mahamadu, A. M., Mahdjoubi, L., & Booth, C. A. (2014). Determinantes de la aceptación del modelado de información de construcción (BIM) para la integración de proveedores: un modelo conceptual. *ARCOM, September*, 723–732.

Marhani, M. A., Jaapar, A., & Bari, N. A. A. (2012). Lean Construction: Hacia la mejora de la construcción sostenible en Malasia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68(December), 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.209>

Mesia, R. (2010). *Análisis Comparativo Del Uso De Elementos Prefabricados De Concreto*

*Armado Vs. Concreto Vaciado in Situ En Edificios De Vivienda De Mediana Altura En La Ciudad De Lima.*

Maspons, R. et al. (1987). Prefabricación. La Habana. Cuba: ISPJAE.

Nuteco. (2019). *¿Qué son los elementos prefabricados de hormigón? | Prefabricados Jara.*  
<https://www.prefabricadosjara.com/que-son-los-elementos-prefabricados-de-hormigon/#>

Osorio, J. (2020). *Fibras de vidrio y concreto | ARGOS 360.*  
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/el-concreto-reforzado-con-fibras-de-vidrio>

Oti-sarpong, K., & Burgess, G. (2020). *TRANSFORMACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN FUERA DE SITIO: UNA PERSPECTIVA DE TRANSICIONES SOCIOTÉCNICAS A MÚLTIPLES NIVELES.* September, 475–484.

Palomino, J., Hennings, J., & Echevarría, R. (2016). Análisis Macroeconómico Del Sector Construcción En El Perú. *Quipukamayoc*, 25(47), 95–101.  
<https://doi.org/10.15381/quipu.v25i47.13807>

Peñaranda, C. (2018). Productividad laboral a paso lento. *La Cámara de Comercio de Lima*, 40.

Pheng, L. S., & Chuan, C. J. (2001). Just-in-time en la construcción de prefabricados de hormigón: una encuesta sobre la preparación de los principales contratistas en Singapur. *Integrated Manufacturing Systems*, 12(6–7), 416–429.  
<https://doi.org/10.1108/EUM0000000006107>

Polat, G. (2008). Factores que afectan el uso de sistemas de hormigón prefabricado en los Estados Unidos. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 169–178.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134)

Polat, G. (2010). *Sistemas de hormigón prefabricado en países en desarrollo vs. Países industrializados.* 3730. <https://doi.org/10.3846/jcem.2010.08>

Ponz-Tienda, J. L., & Vasco, J. (2016). *APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA DE LEAN PRODUCTION PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.*

PREANSA. (2020). *Prefabricados Andinos Perú S.A.C.* 51(1).

Sanabria, B., & Monroy, R. (2018). DIFERENCIAS CUANTITATIVAS ENTRE SISTEMAS

CONSTRUCTIVOS IN SITU Y PREFABRICADOS PARA LOSAS DE ENTREPISO COMO SOPORTE PARA LA TOMA DE DECISIONES. *Tip*, 13(25), 61–72. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inven>

Scheer, S., Santos, A., Quevedo, J. R. S., Filho, J. M., & Boiça, S. M. R. (2005). La tecnología de la información como factor de éxito para lean construction ajustado en una industria de la construcción de hormigón prefabricado. *Proceedings of the 2005 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering*, 40794(June), 1707–1718. [https://doi.org/10.1061/40794\(179\)160](https://doi.org/10.1061/40794(179)160)

SENA. (1986). *Construcción y colocación de elementos prefabricados en hormigón*.

SOLIACERO. (2017). *Tipos de paneles prefabricados y la ventajas de multymuro - Soluciones en acero*. <https://soliacero.com.mx/tipos-de-paneles-prefabricados-y-la-ventajas-de-multymuro/>

Tornartzky, L., Eveland, J., & Fleischer, M. (1990). Innovación tecnológica como proceso. En *Los procesos de innovación tecnológica* (pp. 27–50). [https://doi.org/10.1142/9789811211461\\_0002](https://doi.org/10.1142/9789811211461_0002)

Turner & Townsend. (2019). Encuesta internacional del mercado de la construcción 2019. *Reequilibrio global: un panorama cambiante*, 1–120.

UNICON. (2020). *El impacto de la Productividad con el uso de elementos Prefabricados*.

Warszawski, A., Avraham, M., & Carmel, D. (1984). Utilización de elementos prefabricados de hormigón en la construcción. *Revista de Ingeniería y Gestión de la Construcción*, 110(4), 476–485. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1984\)110:4\(476\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1984)110:4(476))

Xue, H., Zhang, S., Su, Y., & Wu, Z. (2017). Factores que afectan el costo de capital de la prefabricación: un caso de estudio de China. *Sostenibilidad (Suiza)*, 9(9), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su9091512>

