

Politecnico di Torino

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile



Adozione della Lean Construction in Italia e Spagna: analisi e proposta di un modello teorico-operativo

Relatore

Piantanida Paolo

Candidato

Castorina Sebastiano

Anno accademico 2025/2026

Lavoro di ricerca svolto in collaborazione con la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (UPM)

Abstract

Il presente lavoro analizza l'adozione della *Lean Construction* in Italia e Spagna attraverso un'impostazione comparativa, con l'obiettivo di descriverne il livello di diffusione, mettere a fuoco le criticità ricorrenti e trasformare le evidenze raccolte in indicazioni operative. Il percorso parte dalla letteratura, per definire concetti, logiche e strumenti di riferimento e poter costruire una base di confronto tra i due contesti. In parallelo, la ricerca si propone di valutare il potenziale dell'intelligenza artificiale come supporto operativo alla *Lean Construction*, discutendone il ruolo rispetto ai principali ostacoli e alle condizioni necessarie perché l'integrazione sia sostenibile. A questa struttura si aggiunge l'indagine empirica: un questionario rivolto a organizzazioni del settore, affiancato da un'intervista di approfondimento, con l'obiettivo di esplorare lo stato di adozione, le criticità percepite e approfondire le dinamiche che accompagnano l'applicazione *Lean Construction* nella pratica operativa, dalla quale emergeranno risultati ed evidenze complessivamente coerenti tra i due Paesi.

A partire dal confronto tra quadro teorico e riscontri empirici, il lavoro si propone di formalizzare una proposta finale sotto forma di modello teorico-operativo per la *Lean Construction* (Modello TOLC). La proposta è costruita come riferimento pratico, pensato per guidare sia le organizzazioni che devono avviare l'adozione sia quelle che intendono consolidarla, includendo anche indicazioni rivolte alle istituzioni. L'obiettivo non è proporre un modello come costruzione astratta, ma offrire un contributo utile sul piano operativo e, allo stesso tempo, rilevante per la discussione scientifica. In questa logica, la presente tesi è concepita come un riferimento complessivo sul tema, integrando quadro teorico, evidenze empiriche e materiali di supporto ritenuti significativi.

*Ai miei genitori,
per avermi dato le ali e la libertà di usarle.*

Sommario

1. introduzione.....	1
1.1 L'industria delle costruzioni	2
1.2 L'evoluzione	4
1.3 Contesto generale e opportunità Lean Construction.....	5
1.4 Opportunità e resistenze all'adozione della Lean Construction.....	7
1.5 Innovare: la sfida della Lean Construction.....	14
2. obiettivi.....	18
2.1 Obiettivo generale.....	19
2.2 Obiettivi specifici.....	20
2.2.1 Analizzare lo stato di maturità della Lean Construction in Italia e Spagna ..	20
2.2.2 Proporre un modello teorico-operativo adatto a Italia e Spagna	20
2.2.3 Valutare il potenziale dell'integrazione tra Lean Construction e intelligenza artificiale.....	21
2.2.4 Identificare le debolezze nell'applicazione della Lean Construction in Italia e Spagna.....	21
3. inquadramento e rilevanza della ricerca	22
3.1 Importanza della Lean Construction nel contesto attuale.....	23
3.2 Valutazione del potenziale dell'Intelligenza Artificiale.....	24
3.3 Valore e benefici dell'analisi comparativa tra Italia e Spagna	25
3.4 Verifica della comparabilità economico-operativa tra Italia e Spagna	26

3.4.1 Premessa, obiettivi e metodologia dell'analisi	26
3.4.2 Stima del costo di costruzione unitario-Italia.....	27
3.4.3 Stima del costo di costruzione unitario-Spagna	29
3.4.4 Risultato e considerazioni finali	31
4. stato dell'arte.....	32
4.1 Principi Fondamentali della Lean Construction	33
4.1.1 Valore per il committente	33
4.1.2 Eliminazione delle inefficienze	34
4.1.3 Miglioramento continuo (Kaizen) e Benchmarking.....	39
4.2 Gli strumenti della Lean Construction.....	43
4.2.2 Value Stream Mapping (VSM).....	45
4.2.3 Just-in-Time (JIT)	47
4.2.4 Kanban.....	48
4.2.5 Metodo 5S.....	49
4.2.6 Takt Time	50
4.2.7 Integrated Project Delivery (IPD).....	51
4.2.8 Pokayoke, Hoshin Kanri e Heijunka.....	51
4.3 Criticità, ostacoli e barriere all'adozione della Lean Construction	54
4.4 Integrazione tecnologica: IA × Lean Construction	57
4.4.1 IA × Lean Construction: benefici e applicazioni rilevanti	58
4.4.2 IA × Lean Construction: analisi delle barriere C.O.R.A.....	61

4.5 Lacune della letteratura, necessità e prospettive di ricerca.....	65
5. indagine empirica: raccolta dati	68
5.1 Premessa, metodologia e obiettivi dell'indagine	69
5.2 Struttura e descrizione del questionario	70
5.3 Intervista sulla Lean Construction: l'esperienza di ARPADA.....	75
6. analisi dei dati	82
6.1 Analisi dei dati: Questionario.....	83
6.2 Interpretazione dei risultati: Questionario	94
6.3 Analisi e interpretazione dei risultati: Intervista.....	99
6.4 Sintesi evidenze empiriche e indicazioni operative preliminari	103
7. sintesi delle indicazioni operative	108
7.1 Adozione, maturità applicativa e logiche di avvio	110
7.2 Competenze, formazione e cultura operativa	112
7.3 Pianificazione e strumenti cardine.....	114
7.4 Intelligenza artificiale: applicazioni, condizioni e limiti	117
8. modello TOLC	120
8.1 Modello TOLC: non adottanti.....	123
8.1.1 I Fase: preparazione interna	124
8.1.2 II Fase: prima applicazione concreta	126
8.1.3 III Fase: consolidamento e replicabilità dell'applicazione	129
8.1.4 IV Fase: completamento del percorso.....	131

8.2 Modello TOLC: adottanti.....	133
8.2.1 I Fase: stabilizzazione e settore di coordinamento.....	134
8.2.2 II Fase: strumenti e supporto dell'IA	136
8.2.3 III Fase: estensione e collaborazione oltre i confini dell'organizzazione	138
8.3 Modello TOLC: istituzioni.....	141
8.3.1 I Parte: modelli contrattuali e criteri di selezione.....	142
8.3.2 II Parte: formazione, competenze e cultura.....	143
8.3.3 III Parte: ruolo della committenza.....	145
8.4 Modello TOLC: benefici per il committente	147
8.4.1 Benefici diretti	147
8.4.2 Benefici indiretti.....	149
8.4.3 Considerazioni finali.....	151
9. conclusioni.....	153
9.1 Obiettivi, percorso e principali evidenze	154
9.2 Contributo della tesi: modello TOLC e ruolo dell'intelligenza artificiale	156
9.3 Limiti e sviluppi futuri della ricerca.....	157
Bibliografia e sitografia	159
Indice figure.....	167
Indice tabelle.....	169

1.

introduzione

1.1 L'industria delle costruzioni

Nel contesto di questo lavoro, il termine industria viene riferito sia al settore delle costruzioni sia a quello della produzione manifatturiera, intesi come sistemi organizzati di processi finalizzati alla trasformazione di risorse in beni e opere, poiché entrambi i settori condividono l'esigenza di coordinare attività, risorse e flussi operativi al fine di raggiungere obiettivi di qualità, tempi e costi prefissati. Tuttavia, mentre l'industria manifatturiera opera prevalentemente attraverso processi ripetitivi, standardizzati e svolti in ambienti controllati, l'industria delle costruzioni si caratterizza per una maggiore variabilità operativa, per la non ripetitività delle opere e per una forte dipendenza da fattori esterni, quali le condizioni ambientali e il contesto caratteristico di ciascun progetto. L'industria delle costruzioni, nel corso della sua evoluzione storica, ha mostrato una costante attenzione all'utilizzo efficiente delle risorse disponibili e, in particolare, al controllo dei tempi e dei costi di realizzazione. Per questo motivo, fin dall'antichità, la realizzazione di grandi opere ha richiesto una gestione attenta di materiali, manodopera e tempi di costruzione, dando origine a forme organizzative e gestionali sempre più strutturate.

Tuttavia, se fino al XX secolo il settore edilizio ha mantenuto un approccio unicamente artigianale, basato su processi frammentati dovuti alla necessità di garantire duttilità operativa, con l'avvento della produzione industriale e l'aumento progressivo della complessità dei progetti queste criticità sono diventate più evidenti. La crescente dimensione delle opere, l'intensificarsi delle interdipendenze tra le diverse fasi costruttive e il coinvolgimento di un numero sempre maggiore di attori hanno reso più frequenti fenomeni quali ritardi, scostamenti da budget iniziali e un utilizzo non sempre ottimale delle risorse disponibili. Tali condizioni hanno progressivamente spinto studiosi e professionisti a ricercare nuovi paradigmi di gestione in grado di aumentare l'affidabilità dei processi, ridurre le inefficienze e migliorare il coordinamento tra le diverse fasi costruttive.

In questo contesto, l'adozione dei principi *del Lean Thinking*, sviluppati originariamente nell'industria manifatturiera giapponese, è emersa come una



Figura 1 - Rappresentazione calligrafica del termine "Kaizen" (Kanbanchi)

possibile risposta a queste esigenze. La filosofia produttiva nata in Toyota, fondata sul miglioramento continuo *kaizen* (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), sulla riduzione sistematica degli sprechi *muda* e sulla continuità dei flussi di lavoro, ha progressivamente dimostrato la propria efficacia in diversi settori industriali, creando le basi concettuali per una sua successiva applicazione anche al settore delle costruzioni (Clúster de la Edificación, 2022).

È in questo scenario che, a partire dagli anni '90, emerge il concetto di *Lean Construction*, una nuova visione della gestione dei progetti edilizi orientata a migliorare le prestazioni complessive del processo costruttivo, riducendo le inefficienze e massimizzando il valore per il cliente: valore inteso come capacità di garantire tempi, costi e una maggiore qualità dell'opera finale, in linea con le reali esigenze del committente. La formalizzazione della *Lean Construction* si deve ai lavori pionieristici di ricercatori come Lauri Koskela, Glenn Ballard e Greg Howell (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), sviluppati principalmente tra Europa e Stati Uniti. Koskela ha avviato i primi studi in Finlandia, mentre Ballard e Howell hanno successivamente applicato e validato questi principi nel contesto operativo dei cantieri nordamericani, contribuendo all'adattamento dei concetti del *Lean Manufacturing*¹ alle specificità del settore delle costruzioni (Alves e Tsao, 2007; Koskela et al., 2002).



Figura 2 - Glenn Ballard e Greg Howell, pionieri della *Lean Construction* (*Lean Construction México*, 2021)

¹ *Lean Manufacturing*, filosofia di gestione nata dal *Toyota Production System* che mira a fare di più con meno, eliminando sistematicamente ogni attività che non aggiunge valore per il cliente e perseguendo miglioramenti continui nei processi produttivi. In questo approccio il valore è definito dal punto di vista del cliente, mentre tutte le attività che non contribuiscono a creare tale valore sono considerate sprechi da ridurre o eliminare.

1.2 L'evoluzione

La possibilità della *Lean Construction* come modello gestionale applicato al settore delle costruzioni non è stata immediata, ma è stata il risultato di un progressivo adattamento dei principi del *Lean Thinking* alle specificità dell'edilizia. Se in un primo momento il focus era principalmente sull'analisi teorica delle problematiche del settore e sulla possibile trasposizione dei concetti della produzione industriale snella al cantiere, negli anni si è assistito a un consolidamento metodologico, accompagnato dalla creazione di strumenti e pratiche operative che ne hanno reso l'applicazione sempre più strutturata ed efficace. L'*International Group for Lean Construction* (IGLC), organizzazione globale che promuove la ricerca e la diffusione delle pratiche della *Lean Construction*, fondata nel 1993, ha avuto un ruolo determinante nello sviluppo e nella diffusione di questa filosofia. Attraverso le sue conferenze annuali e le pubblicazioni accademiche, l'IGLC ha contribuito alla sperimentazione e all'elaborazione di soluzioni innovative applicate in diversi contesti internazionali, come documentato negli atti delle conferenze (Figura 3), che raccolgono studi e casi di applicazione provenienti da Europa, Nord America, America Latina e Asia (IGLC, 1993).

Nel corso degli anni '90, si è sviluppata una crescente comunità accademica e professionale interessata a studiare e applicare i principi della *Lean Construction*. Questo ha portato alla diffusione di metodologie, come il *Last Planner System* (LPS), *Value Stream Mapping* (VSM) e il *Just in Time* (JIT)², concepite per affrontare le sfide tipiche dei cantieri, dove la variabilità e le interdipendenze tra i diversi attori possono generare squilibri significativi. Se inizialmente l'adozione della *Lean Construction* si è ispirata ai modelli dell'industria manifatturiera, con l'obiettivo di eliminare sprechi e migliorare la produttività attraverso una gestione più rigorosa

² *Last Planner System (LPS), Value Stream Mapping (VSM) e Just in Time (JIT) rappresentano alcuni degli strumenti operativi più diffusi della Lean Construction, finalizzati al miglioramento della pianificazione collaborativa, ottimizzazione dei flussi di lavoro e gestione delle risorse. Tali strumenti verranno descritti e approfonditi in modo più dettagliato nei capitoli successivi.*



Figura 3-Banner della 34ª International Group for Lean Construction Conference (IGLC 34)

della logistica e della pianificazione, con il tempo è diventato evidente che il settore delle costruzioni richiedeva un approccio più flessibile. A differenza delle linee di produzione industriali, caratterizzate da processi ripetitivi e altamente standardizzati, i cantieri presentano un elevato livello di variabilità, dovuto a fattori ambientali, alla complessità progettuale e alla molteplicità degli attori coinvolti. Questo ha reso necessaria una reinterpretazione dei principi *Lean*, adattandoli alle specificità dell'edilizia attraverso strumenti pensati per migliorare la collaborazione, la gestione del flusso di lavoro e la riduzione delle incertezze operative (Clúster de la Edificación, 2022). Negli ultimi due decenni, la *Lean Construction* ha trovato ulteriore slancio grazie all'integrazione con le nuove tecnologie digitali. L'adozione del Building Information Modeling (BIM) ha aperto nuove prospettive nella gestione dei progetti, migliorando il coordinamento tra progettazione e costruzione e riducendo errori e rilavorazioni. Parallelamente, lo sviluppo di strumenti basati su Intelligenza Artificiale (IA) e *Internet of Things* (IoT) sta trasformando il settore in modi impensabili fino a pochi anni fa. L'analisi avanzata di ingenti quantità di dati ed il loro confronto amplissimo per la ricerca di analogie consente oggi di anticipare criticità, ottimizzare le risorse e migliorare l'affidabilità delle previsioni, riducendo drasticamente sprechi e inefficienze (Dumrak e Zarghami, 2025).

1.3 Contesto generale e opportunità Lean Construction

L'industria delle costruzioni rappresenta una componente fondamentale dell'economia globale, contribuendo in modo significativo al prodotto interno lordo (PIL) di numerosi Paesi. In Italia, nel 2024, le costruzioni e le attività immobiliari hanno contribuito per circa il 19% al valore aggiunto nazionale. Considerando anche le attività collegate alla filiera edilizia, come investimenti, manutenzione e servizi connessi, il contributo complessivo del settore arriva a circa il 30% del valore aggiunto nazionale, ossia quasi un terzo del PIL italiano. (Figura 4)

**Investimenti in Costruzioni +
Manutenzione Ordinaria + Attività
Immobiliari + Servizi Finanziari
ISTAT 2021**

495,5 miliardi

Valore aggiunto Contabilità Nazionale ISTAT 2021

1.644,0 miliardi

**Incidenza degli Investimenti in Costruzioni + Manutenzione
Ordinaria + Attività Immobiliari + Servizi Finanziari
sul Valore Aggiunto complessivo ISTAT nel 2021**

30,1%

Figura 4 - Contributo del settore della costruzione al PIL italiano nel 2022 (Diario di AC, 2025)

Anche in Spagna il settore delle costruzioni ha mostrato una crescita significativa negli ultimi anni. Nel 2022, il mercato delle costruzioni è stato valutato a 72,8 miliardi di dollari, con una previsione di crescita annuale composta (CAGR) del 2,5% dal 2023 al 2032 (Global Market Insights, 2023). Negli anni recenti, la produzione edilizia e il numero di permessi di costruzione hanno mostrato trend positivi, con contributi significativi provenienti soprattutto dall'edilizia residenziale e dai progetti infrastrutturali di grande scala, indicando una ripresa significativa del mercato immobiliare (Global Market Insights, 2023). Tuttavia, nonostante la sua rilevanza economica, il settore delle costruzioni in Italia e Spagna continua ad essere caratterizzato da

una produttività inferiore rispetto ad altri comparti industriali. In questo contesto, la *Lean Construction* emerge come una risposta alle criticità gestionali che affliggono il settore. Basata su un approccio di ottimizzazione dei processi, mira a ridurre gli sprechi e gestire le risorse attraverso una migliore pianificazione e integrazione tra gli attori coinvolti. Uno degli aspetti distintivi della *Lean Construction* è l'attenzione alla gestione del flusso di lavoro, un elemento che nei modelli tradizionali è spesso carente, incoraggiando una gestione più integrata e trasparente, basata sulla condivisione delle informazioni e sull'allineamento degli obiettivi tra le parti. Infine, la *Lean Construction* introduce una nuova concezione del valore, che non si limita alla riduzione dei costi e dei tempi di esecuzione, ma include aspetti legati alla sostenibilità, alla qualità percepita dal cliente e alla durabilità dell'opera realizzata. L'adozione di questo approccio non è più un'opzione, ma una necessità strategica, per garantire un settore delle costruzioni più efficiente, integrato e resiliente alle sfide future (Clúster de la Edificación, 2022; Michalski et al., 2022).

1.4 Opportunità e resistenze all'adozione della Lean Construction

La frammentazione del settore

Uno degli ostacoli principali all'adozione della *Lean Construction* è la frammentazione storica del settore edilizio. A differenza del settore manifatturiero, dove la produzione segue un flusso standardizzato, il settore delle costruzioni è tradizionalmente frammentato perché coinvolge molteplici attori indipendenti, ciascuno con propri metodi operativi, obiettivi e sistemi di gestione. La mancanza di un flusso di lavoro integrato e di un coordinamento centralizzato genera disallineamenti, inefficienze e difficoltà nella sincronizzazione delle attività. Tale segmentazione strutturale rende difficile l'adozione di approcci collaborativi e ottimizzati come la *Lean Construction* (Piña Ramírez et al., 2024). Tuttavia, negli ultimi anni, la situazione sta evolvendo. La necessità di migliorare la produttività e contenere i costi ha spinto molte strutture (di committenza, realizzazione, investimento, ecc.) a rivedere le proprie modalità operative,

favorendo un maggiore coordinamento tra i diversi attori della filiera. Pur rimanendo delle difficoltà, è evidente che la direzione del settore sta cambiando: sempre più imprese stanno comprendendo che il superamento della gestione tradizionalmente compartimentata è una condizione essenziale per rimanere competitive in un mercato sempre più esigente e dinamico.

Una testimonianza storica di come, attraverso pratiche che ricordano i principi *Lean*, si possano ottenere risultati significativi in termini di efficienza e coordinamento è documentata dalla costruzione dell'Empire State Building, uno dei casi più eclatanti dell'era moderna. (Figura 5) Il cantiere dell'Empire State Building è considerato un esempio storico precoce di pratiche *Lean*, non perché formalmente conformi alla *Lean Construction* (formalizzata molti decenni più tardi) ma perché nell'organizzazione e nella realizzazione delle attività si ritrovano caratteristiche affini a quelle dei processi snelli: forte coordinazione tra squadre, ottimizzazione dei lavori e gestione efficiente delle risorse e delle consegne materiali (Empire State Building).



Figura 5-Empire State Building (Sito proprio)

La costruzione dell'Empire State Building ebbe inizio il 17 marzo 1930 e fu completata in appena 410 giorni, un tempo estremamente breve per un edificio di 102 piani in quella fase storica. Per ottenere questo risultato furono impiegati oltre tremila operai, organizzati in

squadre ben definite che lavoravano in modo sincronizzato senza creare blocchi o ritardi significativi.

La struttura veniva elevata alla straordinaria media di quattro piani e mezzo a settimana, un ritmo che oggi risulterebbe difficile da riprodurre nei cantieri tradizionali senza un metodo di gestione estremamente integrato (Figura 6). L'elevata efficienza del processo fu il risultato di una gestione altamente strutturata della logistica dei materiali, che prevedeva l'impiego di sistemi interni di trasporto sui diversi piani e di sistemi di codifica per l'assegnazione del sollevamento dei componenti, consentendo una significativa riduzione dei tempi morti legati all'attesa di materiali o attrezzature.

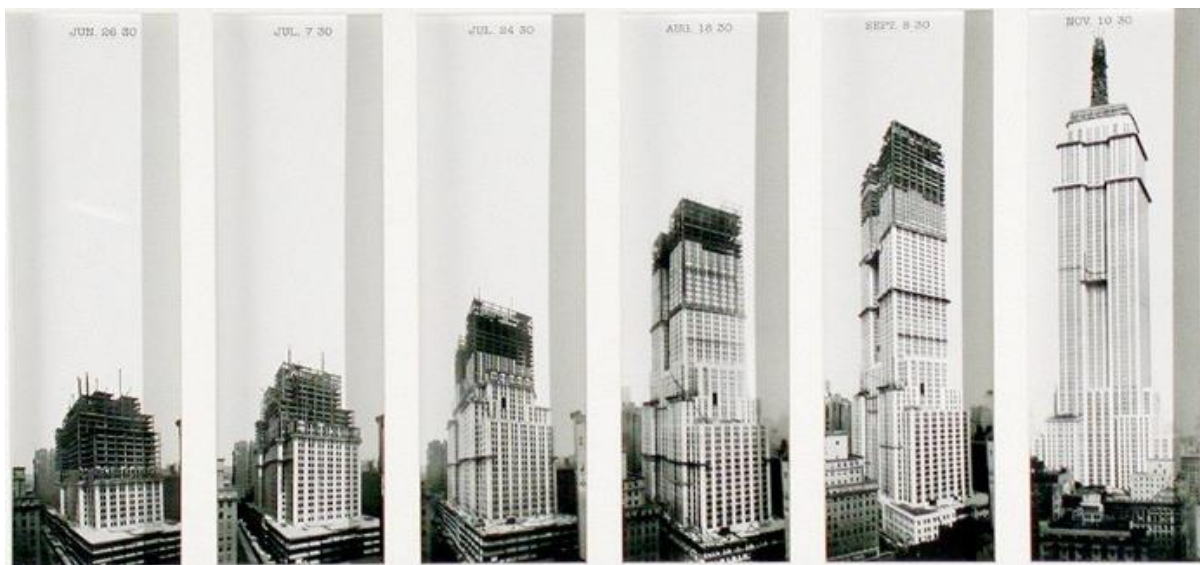


Figura 6-Progressione temporale della costruzione dell'Empire State Building (Gaboardi)

Inoltre, operazioni che normalmente avrebbero generato congestione, come lo stoccaggio di mattoni e altre forniture, venivano ottimizzate tramite soluzioni ingegnose che permettevano la consegna “just-in-time” alle squadre di lavoro e gli spazi di deposito sul sito erano totalmente occupati dalla costruzione (Figura 7) (Empire State Building; ThoughtCo).



Figura 7-Gestione degli approvvigionamenti in quota durante la costruzione dell'Empire State Building (Piximus)

La costruzione dell'Empire State Building è perciò citata non tanto come un'applicazione formale di tecniche *Lean* quanto come un esempio storico di come obiettivi condivisi, buon coordinamento tra squadre e organizzazione delle attività possano ridurre sprechi di tempo e risorse e favorire un avanzamento rapido del progetto.

Resistenza culturale e inerzia organizzativa

Oltre agli ostacoli strutturali, un fattore altrettanto significativo che rallenta l'adozione della *Lean Construction* è la resistenza culturale. Per decenni, il settore delle costruzioni ha mantenuto un approccio gestionale rigido e gerarchico, con una tendenza a privilegiare la produttività immediata rispetto agli investimenti a lungo termine volti a migliorare efficienza e qualità. Questo ha reso difficile l'introduzione di metodologie basate sul miglioramento continuo, come quelle proposte dal modello *Lean*. Fortunatamente, questa mentalità sta gradualmente cambiando. La crescente pressione verso una maggiore sostenibilità, l'evoluzione normativa e la competizione globale stanno spingendo molte aziende a riconsiderare il proprio approccio operativo. In particolare, negli ultimi anni si è registrato un aumento degli investimenti in formazione e sensibilizzazione sui principi *Lean*, con l'obiettivo di colmare il gap di conoscenza che ha storicamente limitato l'adozione di queste metodologie. In Italia e Spagna, università, associazioni professionali e grandi imprese stanno organizzando sempre più frequentemente corsi e *workshop* dedicati, dimostrando che l'inerzia organizzativa non è più un ostacolo insormontabile.

Un altro fattore che sta accelerando questa trasformazione è la dimostrazione concreta dei benefici della *Lean Construction* attraverso progetti pilota e casi studio di successo, citati ad esempio in lavori come (Clúster de la Edificación, 2022) e (Aslam et al., 2020), che evidenziano

miglioramenti e benefici oggettivi in termini di tempo, coordinamento o riduzione degli sprechi. Tali aspetti verranno comunque approfonditi in modo più dettagliato nei paragrafi successivi del presente lavoro. Le aziende che hanno adottato modelli *Lean* stanno riportando riduzioni significative dei tempi di esecuzione, ottimizzazione nell'uso delle risorse e miglioramento della qualità costruttiva. La condivisione di questi risultati sta contribuendo a ridurre le resistenze al cambiamento, incentivando un numero sempre maggiore di imprese a sperimentare queste metodologie con un approccio più aperto e pragmatico (Michalski et al., 2022). Sebbene la resistenza culturale non sia stata del tutto superata, è chiaro come il settore stia evolvendo. La combinazione di maggiore consapevolezza, innovazione tecnologica e pressione competitiva sta progressivamente trasformando il modo in cui le costruzioni vengono gestite. La *Lean Construction*, da idea di nicchia, sta diventando una leva strategica per l'evoluzione del settore.

Formazione e diffusione delle competenze

L'adozione della *Lean Construction* richiede un cambiamento non solo nei processi operativi, ma anche nelle competenze delle persone coinvolte. Tuttavia, la formazione nel settore delle costruzioni è rimasta per lungo tempo focalizzata su aspetti tecnici e normativi, trascurando l'importanza della gestione dei processi e dell'ottimizzazione delle risorse. Questo ha portato a una carenza di conoscenze specifiche sulle metodologie *Lean*, con conseguenti difficoltà nella loro applicazione pratica. Nonostante l'interesse crescente per la *Lean Construction*, i percorsi formativi strutturati dedicati a questa metodologia sono ancora limitati. Molti professionisti del settore non ricevono una preparazione adeguata sulle strategie necessarie per un'implementazione efficace. Di conseguenza, anche nelle strutture più innovative, la transizione verso processi *Lean* avviene spesso in modo frammentario, senza una reale comprensione dei principi alla base di questa filosofia gestionale. Un altro ostacolo è rappresentato dalla riluttanza a investire in formazione, specialmente da parte delle piccole e medie imprese. Molte aziende temono che i costi iniziali per la formazione del personale non portino benefici tangibili nel breve termine e preferiscono concentrarsi su metodologie tradizionali già consolidate. Tuttavia, questa visione rischia di rallentare l'adozione della *Lean Construction* proprio nei contesti che ne avrebbero maggiore bisogno. Alcune realtà più strutturate stanno cercando di colmare questo gap attraverso collaborazioni con università e associazioni di settore, offrendo corsi mirati per diffondere le competenze *Lean* tra i professionisti dell'edilizia e anche la crescente digitalizzazione del settore sta facilitando

l'accesso a materiali formativi online, webinar e piattaforme interattive (Figura 8), che permettono di apprendere concetti fondamentali con maggiore flessibilità e a costi ridotti (Michalski et al., 2022).



Figura 8-Banner di piattaforme per la formazione e diffusione delle competenze Lean (Lean Construction Institute).

Sebbene la formazione nel settore sia ancora un punto critico, il crescente numero di aziende che stanno sperimentando con successo le metodologie *Lean* sta incentivando una maggiore attenzione alla preparazione del personale. La sfida nei prossimi anni sarà quella di rendere queste competenze più accessibili e integrate nei percorsi formativi ordinari, affinché la *Lean Construction* diventi una componente essenziale della formazione di ingegneri, architetti e tecnici di cantiere.

Percezione di oneri elevati e difficoltà nel misurare i benefici a breve termine

Uno dei principali ostacoli, come spesso accade, è la percezione che adottare pratiche *Lean* comporti oneri elevati e un ritorno dell'investimento incerto. L'implementazione di un modello *Lean* richiede infatti un cambiamento nelle modalità di gestione dei progetti, con investimenti iniziali che possono includere la formazione del personale, l'introduzione di nuove tecnologie e l'adozione di strumenti di monitoraggio più sofisticati, discussi in seguito.

Tuttavia, il vero problema non è tanto il costo in sé, quanto la difficoltà nel quantificare immediatamente i benefici derivanti dalla riduzione degli sprechi e dall'ottimizzazione dei processi. Molte realtà del settore, soprattutto le più piccole, operano con margini di profitto ridotti e sono spesso riluttanti a investire in innovazioni che non producano risultati visibili nel breve periodo. Il settore delle costruzioni è da sempre orientato a una logica di gestione dei costi immediati, con una forte attenzione ai *budget* di progetto, piuttosto che a una visione strategica a lungo termine. Questo porta molte imprese a sottovalutare il potenziale della *Lean Construction* nel migliorare la competitività e la redditività nel medio-lungo periodo (Clúster de la Edificación, 2022).

Nonostante queste difficoltà, esperienze in diversi Paesi europei mostrano come l'adozione di strategie *Lean* possa migliorare la qualità delle opere. L'integrazione di strumenti digitali sta contribuendo a rendere più evidenti i benefici della *Lean Construction*, grazie a una gestione più trasparente delle informazioni, una maggiore capacità di prevedere e risolvere problemi prima che si manifestino in cantiere e soprattutto misurare e quantificare in modo più oggettivo questi benefici, fornendo riscontri concreti sulle prestazioni dei processi e sui risultati ottenuti. Quindi, affinché la *Lean Construction* venga percepita come un'opportunità piuttosto che come un onere, è necessario un cambio di paradigma nel modo in cui le imprese misurano la propria efficienza. *Benchmarking tools e performance analysis*³ possono aiutare a valutare l'impatto della *Lean Construction* in modo oggettivo, confrontando le prestazioni aziendali con standard di riferimento per identificare margini di miglioramento (es. confronto di tempi e costi tra progetti simili, *Value Stream Mapping* (VSM), *Key Performance Indicators* (KPI), *performance dashboards*). Solo attraverso un maggiore supporto alle aziende nel calcolare questi benefici sarà possibile accelerare la transizione verso una gestione più snella e sostenibile delle costruzioni (Marosszeky e Karim, 1997).

È fondamentale promuovere strategie mirate che facilitino la diffusione e l'applicazione pratica di questi concetti. Tra i principali fattori in grado di incentivare le imprese a intraprendere questo percorso vi è la necessità di un maggiore supporto nella fase di implementazione, attraverso programmi di formazione più accessibili, incentivi economici e strumenti di monitoraggio delle prestazioni che dimostrino con dati concreti i benefici ottenibili, come già accennato precedentemente. La condivisione di esperienze e casi studio di successo rappresenta un elemento fondamentale: le aziende che hanno già adottato metodologie *Lean* possono diventare un punto di riferimento per altre realtà, contribuendo a diffondere una cultura basata sull'efficienza e sul miglioramento continuo. Anche il ruolo delle università e delle

³ *Benchmarking tools sono strumenti che consentono di confrontare in modo sistematico tempi, costi e modalità operative di un progetto o di un'azienda con quelli di altri progetti simili o con standard riconosciuti, per individuare punti di forza e aree da migliorare. La performance analysis consiste nell'esaminare i dati raccolti durante la realizzazione di un progetto per capire quanto efficacemente le attività sono state svolte, quanto sono stati rispettati i tempi e i costi previsti, e quali processi possono essere ottimizzati, fornendo così indicazioni concrete per prendere decisioni più informate e migliorare la gestione futura.*

associazioni di settore è cruciale: attraverso progetti di ricerca, collaborazioni con imprese e la creazione di percorsi formativi specifici, possono favorire la diffusione della *Lean Construction* e supportare le aziende nel processo di transizione. Infine, il progresso tecnologico gioca un ruolo fondamentale nel rendere l'adozione della *Lean Construction* più accessibile ed efficace. L'integrazione di strumenti digitali avanzati, la possibilità di analizzare dati in tempo reale e l'automazione di alcuni processi consentono di ottenere risultati concreti in tempi più brevi, riducendo l'incertezza che molte aziende ancora percepiscono. Grazie a queste strategie, la *Lean Construction* si sta gradualmente affermando come una metodologia indispensabile per il futuro del settore edilizio, traendo dalle sfide attuali, opportunità di crescita ed esperienza.

1.5 Innovare: la sfida della Lean Construction

La capacità di adattarsi e accogliere il cambiamento, spesso, costituisce un requisito imprescindibile per lo sviluppo e il successo delle imprese. Questo principio è particolarmente rilevante nel settore delle costruzioni, dove l'adozione di metodologie innovative come la *Lean Construction* può determinare il successo o il fallimento in un mercato che attraversa ciclicamente fasi critiche. Resistere al cambiamento spesso deriva dalla paura dell'ignoto o dalla comodità delle pratiche tradizionali. Tuttavia, in un'epoca caratterizzata da rapidi progressi tecnologici e da una crescente attenzione alla sostenibilità, rimanere statici equivale a rimanere indietro.

La storia offre numerosi esempi di organizzazioni che, pur disponendo delle competenze e delle risorse necessarie, hanno evitato di adattarsi a cambiamenti tecnologici, finendo per perdere progressivamente la propria posizione sul mercato. Un caso emblematico è rappresentato da Kodak, azienda che per decenni ha dominato il settore della fotografia ma che ha faticato ad abbracciare la transizione verso il digitale, temendo di compromettere il proprio modello industriale tradizionale. La scelta di rimandare il cambiamento, sebbene comprensibile nel breve periodo, si è rivelata insostenibile nel lungo termine, conducendo Kodak a una profonda crisi culminata nella richiesta di protezione fallimentare, portando l'azienda a dichiarare bancarotta nel 2012 (Figura 9). Questo esempio, seppur di altro contesto, vuole evidenziare

come la mancata capacità di adattamento, più che l'assenza di innovazione in sé, possa rappresentare un fattore critico di vulnerabilità per le organizzazioni. (Focus)



Figura 9-Kodak, sede di Rochester, New York 2012 (Il Post, 2012)

Un altro esempio, pertinente al settore delle costruzioni, è rappresentato dall'adozione del *Building Information Modeling* (BIM), dove in Italia e Spagna l'implementazione è stata relativamente lenta, in contrasto con altri Paesi che hanno mostrato un'adozione più rapida del BIM. Per citarne alcuni: nel 2020 il 73% dei progettisti del Regno Unito utilizzava strumenti BIM e addirittura l'81% nei Paesi Bassi, già nel 2019 (BIMobject, 2023; European Construction Sector Observatory, 2020). Certamente la consapevolezza sull'importanza dell'innovazione nei due Paesi è in crescita, ma ancora insufficiente per garantire un vantaggio competitivo a livello europeo. Spagna e Italia hanno iniziato a digitalizzarsi più intensamente negli ultimi anni, ma la resistenza al cambiamento persiste, nonostante gli sforzi di modernizzazione. Risulta evidente, ad oggi, come la riluttanza nell'adottare nuove tecnologie ha avuto ripercussioni dirette sulla competitività del settore. La mancata integrazione del BIM ha limitato l'efficienza operativa, creando disconnessioni tra le fasi del processo costruttivo e aumentando il rischio di errori costosi. In un mercato globale competitivo, questa riluttanza all'innovazione ha reso il settore italiano e/o spagnolo meno agile, compromettendo vantaggi in termini di costi, tempi di consegna e qualità dei progetti.

Tuttavia, è incoraggiante vedere come, nonostante gli ostacoli sopracitati, molti Paesi stiano intraprendendo il cammino verso l'adozione di pratiche più efficienti. Il settore delle costruzioni, storicamente caratterizzato da una lenta evoluzione nei processi e nelle tecnologie, sta ora affrontando una trasformazione senza precedenti grazie alla digitalizzazione e

all'introduzione di metodologie avanzate. L'esperienza ha dimostrato che rimanere ancorati a modelli tradizionali non solo limita il progresso, ma comporta costi elevati in termini di inefficienza, sprechi e perdita di competitività. Per questo motivo, per evitare di ripetere gli errori del passato, è cruciale abbracciare pienamente filosofie, approcci e metodologie innovative come la *Lean Construction*, il prima possibile, trasformando le sfide attuali in opportunità di crescita e sviluppo.

2.

obiettivi

2.1 Obiettivo generale

Premessa

L'interesse per questo lavoro nasce dall'esperienza personale maturata a cavallo tra due realtà accademiche: quella italiana presso il Politecnico di Torino e quella spagnola presso la Universidad Politécnica de Madrid (Figura 10), dove ho svolto l'ultimo anno del mio percorso accademico nell'ambito del programma Erasmus. Questa doppia prospettiva ha stimolato il mio interesse verso un approfondimento sulla adozione della *Lean Construction* in Italia e Spagna, due Paesi che, oltre ad avere molte affinità culturali ed economiche, condividono diverse sfide nel settore delle costruzioni.



Figura 10-Universidad Politécnica de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid)

L'obiettivo generale del presente lavoro è ragionare su un modello teorico-operativo adatto a migliorare l'applicazione della *Lean Construction* nel settore edilizio dei due Paesi, modello che possa eventualmente essere utilizzato come base metodologica per contesti internazionali simili. Per raggiungere questo obiettivo sarà fondamentale analizzare in modo approfondito le pratiche del settore edile attualmente diffuse in Italia e Spagna, individuandone punti di forza, debolezze e lacune operative. Questo modello, pur basandosi su evidenze scientifiche e sull'analisi di casi studio concreti, non intende porsi come una soluzione definitiva o esaustiva. Al contrario, mira a rappresentare una base metodologica che possa fornire indicazioni e spunti

operativi utili anche ad aziende, professionisti e istituzioni interessate ad approfondire e adottare in futuro pratiche più efficienti di gestione delle costruzioni.

In altre parole, l'obiettivo è offrire una proposta di strumento teorico, mirando a renderlo il più possibile comprensibile, flessibile, scalabile e ragionevolmente applicabile, che possa rappresentare un punto di riferimento iniziale per ulteriori sviluppi teorici e applicativi.

2.2 Obiettivi specifici

2.2.1 Analizzare lo stato di maturità della Lean Construction in Italia e Spagna

Per raggiungere l'obiettivo generale, il primo passo consiste nell'analizzare e valutare approfonditamente lo stato attuale di diffusione della *Lean Construction* nei due Paesi attraverso indicatori specifici, ampiamente riconosciuti nella letteratura internazionale. L'analisi si concentrerà su metriche generali relative alla performance operativa, gestione degli sprechi, tempi e costi, e valuterà il grado di diffusione e applicazione degli strumenti e delle metodologie *Lean*. L'obiettivo finale sarà identificare chiaramente i punti di forza, le debolezze operative e le eventuali lacune che caratterizzano attualmente la *Lean Construction* nei due Paesi considerati.

2.2.2 Proporre un modello teorico-operativo adatto a Italia e Spagna

Questo obiettivo specifico rappresenta il cuore del lavoro: sulla base delle evidenze raccolte dall'analisi precedente, si intende definire un modello teorico-operativo, che integri efficacemente le migliori pratiche osservate in Italia e Spagna. Il modello verrà strutturato con l'obiettivo di essere sufficientemente flessibile e scalabile, così da poter essere adattato a realtà

differenti sia all'interno dei due Paesi considerati, sia potenzialmente proponibile ad altri contesti internazionali simili. A partire da uno schema teorico, si approfondirà l'approccio per fornire indicazioni operative utili a risolvere o mitigare le debolezze identificate. Il fine ultimo è rendere questo modello un punto di partenza efficace per migliorare concretamente le performance operative nel settore delle costruzioni.

2.2.3 Valutare il potenziale dell'integrazione tra Lean Construction e intelligenza artificiale

Considerando l'importanza crescente delle tecnologie digitali nel settore industriale e la loro sempre maggiore facilità di integrazione nei processi produttivi, risulta molto opportuno valutare il potenziale contributo che l'Intelligenza Artificiale potrebbe fornire alla metodologia *Lean* e valutare come strumenti basati su algoritmi predittivi o tecniche di *machine learning* possano amplificare e migliorare le capacità operative tipiche della *Lean Construction*, in particolare nella gestione delle criticità, nella riduzione degli sprechi e nella minimizzazione degli imprevisti. Questa valutazione servirà a comprendere se e come l'integrazione con l'IA possa essere determinante per conseguire con maggiore efficacia gli obiettivi generali proposti da questo lavoro.

2.2.4 Identificare le debolezze nell'applicazione della Lean Construction in Italia e Spagna

Infine, è interessante individuare e descrivere eventuali "gap" teorici e pratici che emergeranno dall'analisi comparativa tra i due Paesi. L'obiettivo è quello di offrire un quadro più realistico possibile, individuando con precisione le aree nelle quali ulteriori studi o approfondimenti potrebbero contribuire a migliorare l'adozione della *Lean Construction*. In tal senso, il lavoro mira a definire possibili direzioni future di ricerca e sviluppo operativo, favorendo così una visione chiara delle prospettive future per questa metodologia nel settore edilizio dei due Paesi.

3.

inquadramento e
rilevanza della ricerca

3.1 Importanza della Lean Construction nel contesto attuale

Il settore delle costruzioni in Italia e Spagna si trova oggi ad affrontare mutamenti economici e ambientali di grande rilevanza, che richiedono una revisione opportuna delle metodologie tradizionali. Tra le principali problematiche comuni ad entrambi i Paesi vi sono la carenza di investimenti pubblici sistematici e continuativi, che determinano un significativo deficit infrastrutturale e la necessità urgente di modernizzare infrastrutture ormai obsolete (El País, 2024; Edilportale, 2024). Questa congiuntura rende indispensabile massimizzare l'efficienza delle risorse disponibili affinché i progetti siano completati, con le caratteristiche e la qualità progettata, entro tempi certi, rispettando budget previsti, contribuendo così a rafforzare la fiducia degli investitori sia pubblici che privati. Parallelamente, il settore edilizio è chiamato a gestire la crescente pressione esercitata dalle problematiche ambientali, essendo tra i principali responsabili delle emissioni globali di CO₂ e pertanto un motore chiave nella lotta al cambiamento climatico. La necessità di adottare pratiche sostenibili e orientate alla decarbonizzazione è diventata una priorità assoluta, come testimoniato dall'iniziativa europea "Fit for 55"⁴, che mira a ridurre sensibilmente le emissioni entro il 2030, coinvolgendo direttamente anche il settore delle costruzioni (Consiglio Europeo, 2021).

In quest'ottica, la *Lean Construction* emerge come una metodologia strategica capace di affrontare il quadro sopra delineato attraverso la riduzione sistematica degli sprechi e l'ottimizzazione rigorosa dei processi produttivi. Questo approccio consente di massimizzare

⁴ *Fit for 55* è il pacchetto legislativo presentato dalla Commissione Europea nel luglio 2021 nell'ambito del *Green Deal* europeo, finalizzato a conseguire una riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990. Il pacchetto comprende un insieme organico di proposte normative che intervengono su diversi settori chiave dell'economia europea, al fine di allineare la legislazione dell'Unione agli obiettivi climatici fissati. Nel settore delle costruzioni, assume particolare rilevanza poiché gli edifici incidono in modo significativo sui consumi energetici e sulle emissioni di CO₂, rendendo prioritaria la riqualificazione del patrimonio edilizio e la riduzione degli sprechi.

il valore dei progetti edilizi, garantendo un miglior utilizzo delle risorse, riducendo i costi operativi e limitando l'impatto ambientale derivante dalle attività costruttive. Inoltre, il carattere integrato e collaborativo della *Lean Construction*, unito al crescente impiego dell'Intelligenza Artificiale per analisi predittive e automazione intelligente, può consentire di superare la frammentazione tipica del settore edilizio, anticipando criticità operative e riducendo errori e ritardi (Simeone, 2023).

3.2 Valutazione del potenziale dell'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale (IA) sta emergendo come una delle risorse più interessanti nel panorama industriale globale, con un impatto significativo anche in settori complessi come quello delle costruzioni. La capacità dell'IA di analizzare grandi quantità di dati, individuare schemi e supportare processi decisionali rappresenta un'opportunità straordinaria per affrontare scelte critiche del settore, come l'ottimizzazione delle risorse e la previsione di rischi, garantendo maggiore sicurezza in investimenti rilevanti e dinamiche di cantiere (Dumrak e Zarghami, 2025). La sua integrazione in diversi ambiti del settore delle costruzioni sta già mostrando potenziali vantaggi in termini di automazione dei processi, gestione dei dati in tempo reale e analisi predittiva. Tuttavia, l'efficacia di questi strumenti risulta strettamente dipendente dalla qualità dei dati su cui essi operano: dati incompleti, non aggiornati o non strutturati compromettono l'affidabilità delle previsioni e delle decisioni supportate dall'IA. Per questo motivo, l'adozione di soluzioni basate su intelligenza artificiale deve essere accompagnata da strumenti e criteri per la valutazione e il controllo della qualità dei dati, in linea con i principi della *Lean Construction*. In presenza di dati coerenti, tracciabili e affidabili, l'IA può realmente contribuire a una pianificazione più efficiente e a una riduzione dell'errore umano, aspetti fondamentali in un settore che storicamente soffre di inefficienze strutturali e ritardi esecutivi. Valutare il potenziale dell'intelligenza artificiale nel settore delle costruzioni è quindi un elemento chiave per lo sviluppo del presente lavoro. Tale analisi consente di individuare

possibili evoluzioni future e di comprendere in che modo il settore possa sfruttare al meglio queste tecnologie per migliorare produttività, qualità ed efficienza operativa.

3.3 Valore e benefici dell'analisi comparativa tra Italia e Spagna

La comparazione tra Italia e Spagna rappresenta un valore strategico rilevante per la ricerca, offrendo la possibilità di esplorare le dinamiche di due contesti complementari. Nonostante entrambi i Paesi condividano obiettivi comuni, ciascuno presenta specificità socioeconomiche e strutturali che determinano un diverso livello di adozione delle metodologie *Lean*.

Il confronto tra le esperienze italiane e spagnole non si limita a individuare differenze o similitudini, ma mira principalmente a identificare buone pratiche e strategie efficaci già applicate in uno dei due Paesi e potenzialmente trasferibili all'altro. Questo approccio consente di migliorare la gestione dei progetti edilizi, ottimizzando tempi e costi di realizzazione, riducendo sprechi e inefficienze e favorendo un impiego più razionale delle risorse. Uno dei principali vantaggi di questa comparazione è la possibilità di individuare soluzioni concrete per migliorare l'efficienza operativa e la qualità dei progetti, generando valore per tutti i soggetti coinvolti. Inoltre, comprendere i fattori che facilitano o ostacolano l'adozione della *Lean Construction* nei due contesti fornisce indicazioni utili per superare le resistenze culturali e operative che spesso ne frenano l'adozione. Un ulteriore impatto positivo riguarda la sostenibilità: l'analisi delle esperienze italiane e spagnole può evidenziare strategie per ridurre l'impatto ambientale delle costruzioni, migliorando l'efficienza dei processi produttivi e promuovendo modelli gestionali più collaborativi, efficaci e trasparenti. (Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020).

Infine, il confronto tra i due Paesi può stimolare un dialogo più ampio tra professionisti, aziende e istituzioni, facilitando l'apprendimento reciproco e la diffusione di modelli innovativi. Sebbene manchino studi per valutare con precisione l'impatto effettivo della ricerca, questa

comparazione rappresenta un punto di partenza fondamentale per l'evoluzione del settore edilizio, rendendolo più resiliente e competitivo a livello internazionale.

3.4 Verifica della comparabilità economico-operativa tra Italia e Spagna

3.4.1 Premessa, obiettivi e metodologia dell'analisi

Il presente lavoro parte dall'ipotesi che il settore delle costruzioni in Italia e in Spagna condivida criticità strutturali simili, rendendo l'applicazione dei principi della *Lean Construction* una possibile leva strategica rilevante in entrambi i contesti. Tuttavia, affinché l'analisi comparativa e la proposta di un modello teorico-operativo risultino metodologicamente solide, è necessario verificare preliminarmente se le imprese dei due Paesi operino in condizioni economicamente confrontabili. In particolare, poiché i costi di costruzione incidono in modo diretto sull'organizzazione dei processi produttivi e sulle scelte operative delle imprese, si è ritenuto opportuno svolgere una stima comparativa dei costi diretti di costruzione nei due contesti nazionali.

L'obiettivo principale di questa analisi è stimare e confrontare il costo diretto di costruzione al metro quadrato per edifici residenziali standard, aggiornato agli anni 2024-2025, che per semplicità verrà indicato in seguito come CDC. L'approccio adottato mira a definire un intervallo rappresentativo dei costi operativi, senza tendere a valori assoluti, ma piuttosto per valutare se le differenze economiche compromettano la comparabilità tra i due mercati o, al contrario, confermino affinità significative. Per garantire un confronto più equo possibile, l'analisi si concentra sui costi diretti, ossia quelli imputabili a materiali, manodopera, noli e trasporti, escludendo elementi fortemente variabili come costo del terreno, progettazione, oneri fiscali e margini d'impresa. Tale definizione è coerente con l'Indice ISTAT sul costo di costruzione di un fabbricato residenziale, la principale fonte ufficiale italiana sui costi operativi del settore. (ISTAT, 2025) La metodologia si basa su un approccio comparativo semplificato,

a partire da dati di CDC estratti da fonti di mercato nazionali e internazionali, pertinenti e di facile consultazione. Per ciascuna fonte sono stati considerati gli intervalli di stima del costo di costruzione unitario riportati per il campione di riferimento; successivamente, per stimare l'intervallo complessivo nei due Paesi, è stata calcolata la media degli estremi dei vari intervalli analizzati. Infine, i risultati ottenuti vengono verificati tramite una validazione basata su fonti ufficiali nazionali, così da confermare la coerenza e l'affidabilità delle stime. Pur trattandosi di un metodo speditivo, esso offre comunque un'indicazione utile per valutare, almeno in una fase preliminare, se le differenze economiche tra i due mercati siano tali da compromettere la comparabilità dei contesti operativi oppure, al contrario, se possano confermare un livello di affinità sufficiente a giustificare un'analisi congiunta. In altre parole, questa verifica permette di comprendere se le imprese, in Italia e Spagna, affrontino condizioni economico-produttive abbastanza simili da rendere sensato un confronto sull'adozione e sull'efficacia della *Lean Construction*.

3.4.2 Stima del costo di costruzione unitario-Italia

Descrizione delle fonti

1. *Proedil: Realtà attiva nel settore edile e immobiliare che fornisce stime indicative dei costi di costruzione per diverse tipologie di edifici. (Proedil, 2025)*
2. *RealAdvisor: Portale di valutazione immobiliare che raccoglie dati da operatori e agenzie, offrendo stime aggiornate dei costi di costruzione e dei valori di mercato. (RealAdvisor, 2025)*
3. *Idealista: Uno dei principali portali immobiliari in Italia, che pubblica dati e analisi sui costi di costruzione e sull'andamento del mercato residenziale. (Idealista, 2022)*

Dati di mercato considerati

1. *Proedil: “Nel 2025, il costo medio per costruire una casa da zero si attesta generalmente tra i 1 200 e 1 800 euro/m², a seconda della tipologia costruttiva, della qualità dei materiali e del livello di finiture richieste.” (Proedil, 2025)*

2. *RealAdvisor*: “Costruire una casa da zero in Italia oggi costa, in media, tra circa 800 e 1 500 euro al mq per una costruzione “standard”.” (RealAdvisor, 2025)
3. *Idealista*: “I prezzi di costruzione al mq possono variare in media tra 800 e 1 400 euro/m² (Idealista, 2022)

Calcolo dell'intervallo di costo

Per definire il limite inferiore dell'intervallo, si calcola la media dei tre valori minimi: 1 200, 800 e 800 (euro/m²), che risulta pari a 933,3 euro/m². Allo stesso modo, per definire il limite superiore dell'intervallo, si calcola la media dei tre valori massimi: 1 800, 1 500 e 1 400 (euro/m²), che risulta pari a 1 566,6 euro/m². Arrotondando i risultati ottenuti, l'intervallo CDC ipotizzato per l'Italia, riferito a un fabbricato residenziale standard per l'anno 2024/25 è: 930-1 560 euro/m².

Validazione intervallo di costo

Per consolidare la stima, basata su fonti di mercato non istituzionali, è utile affiancare una validazione fondata su dati ufficiali. A tal fine si è fatto riferimento al prezzario DEI 2024 (Prezzario DEI-Tipografia del Genio Civile, 2024), una delle principali fonti riconosciute in Italia per la valutazione economica delle opere edili. Il DEI viene utilizzato da progettisti, imprese e stazioni appaltanti grazie alla sua metodologia aggiornata e al monitoraggio costante dei prezzi di materiali, manodopera e noli, rendendolo un riferimento particolarmente affidabile. Per la validazione sono state considerate due tipologie edilizie rappresentative: (Figura 11)

- Edificio unifamiliare, con un costo diretto pari a 1 329 euro/m²;
- Edificio a torre, con un costo diretto pari a 1 259 euro/m².

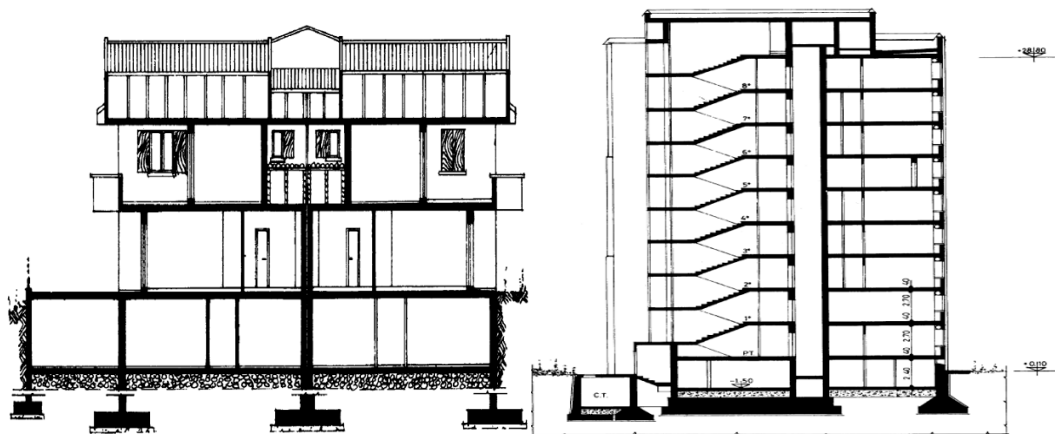


Figura 11-Edificio unifamiliare, edificio a torre (Prezzario DEI-Tipografia del Genio Civile, 2024)

La media tra i due valori porta a un costo diretto indicativo di circa 1 295 euro/m², che può essere assunto come valore di verifica. Il risultato ottenuto si colloca perfettamente all'interno dell'intervallo stimato in precedenza per l'Italia (930-1 560 euro/m²). La differenza rispetto agli estremi dell'intervallo è del tutto naturale: i valori minimi e massimi stimati in precedenza rappresentano infatti i casi limiti riferiti alle aree del Sud/Nord Italia, che presentano mediamente costi di costruzione molto distinti. La verifica tramite DEI conferma quindi la coerenza della stima preliminare: pur derivando da fonti non istituzionali, essa descrive correttamente l'ordine di grandezza dei costi reali, e la validazione ne rafforza ulteriormente l'attendibilità.

3.4.3 Stima del costo di costruzione unitario-Spagna

Descrizione delle fonti

1. *Luxus Real Estates: Sito internazionale specializzato in consulenza immobiliare e stime di costruzione per abitazioni di diversa tipologia. Fornisce informazioni sui costi medi di costruzione in Spagna, distinguendo tra qualità base e qualità superiore. (Luxus Real Estates, 2025)*
2. *Artema Arquitectos: Studio di architettura spagnolo che pubblica dati aggiornati sui costi di costruzione, con attenzione alle differenze di standard costruttivo e tipologia di abitazione. (Artema Arquitectos, 2025)*

3. *Olive and Partners: Società di consulenza immobiliare con focus sul mercato spagnolo, che fornisce dati sui costi di costruzione in base a zona e sistema costruttivo. (Olive and Partners, 2025)*

Dati di mercato considerati

1. *Luxus Real Estates: “Basic quality: 1 300-1 600 €/m². Functional houses, conventional materials, average energy efficiency.” (Luxus Real Estates, 2025)*
2. *Artema Arquitectos: “As of 2025, the average build costs per m² in Spain vary significantly depending on the type of construction and quality standards you’re aiming for... Standard family home, Average €/m² (VAT excluded) €1 300-€1 800.” (Artema Arquitectos, 2025)*
3. *Olive and Partners: “En 2025, el rango más habitual se sitúa entre 1 180 y 1 350 euros por metro cuadrado, dependiendo de la zona y del sistema constructivo empleado.” (Olive and Partners, 2025)*

Calcolo dell’intervallo di costo

Per definire il limite inferiore dell’intervallo, si calcola la media dei tre valori minimi: 1 300, 1 300 e 1 180 euro/m², che risulta pari a 1 260 euro/m². Allo stesso modo, per definire il limite superiore dell’intervallo, si calcola la media dei tre valori massimi: 1 600, 1 800 e 1 350 euro/m², che risulta pari a 1 583,3 euro/m². Arrotondando i risultati ottenuti, l’intervallo CDC ipotizzato per la Spagna, riferito a un fabbricato residenziale standard per l’anno 2024/25 è: 1 260-1 580 euro/m².

Validazione intervallo di costo

Analogamente, anche per la stima dell’intervallo di costo spagnolo, viene affiancata una validazione con dati nazionali. A questo scopo si è utilizzato il valore pubblicato da ST Sociedad de Tasación (ST Tasación, 2025), una delle principali società spagnole specializzate in valutazioni immobiliari, riconosciuta dal Banco de España e ampiamente utilizzata da istituti finanziari, imprese e operatori del settore. La *Sociedad de Tasación* rappresenta un riferimento consolidato nel mercato immobiliare grazie alla qualità del proprio database e a un monitoraggio continuo dell’evoluzione dei costi e dei valori edilizi. Per questo motivo, i suoi dati costituiscono una base affidabile per verificare le stime economiche del settore. Per la

controverifica è stato considerato il valore aggiornato al 2025 relativo al costo di costruzione delle abitazioni di nuova edificazione, pari a 1 304 euro/m². (Figura 12)

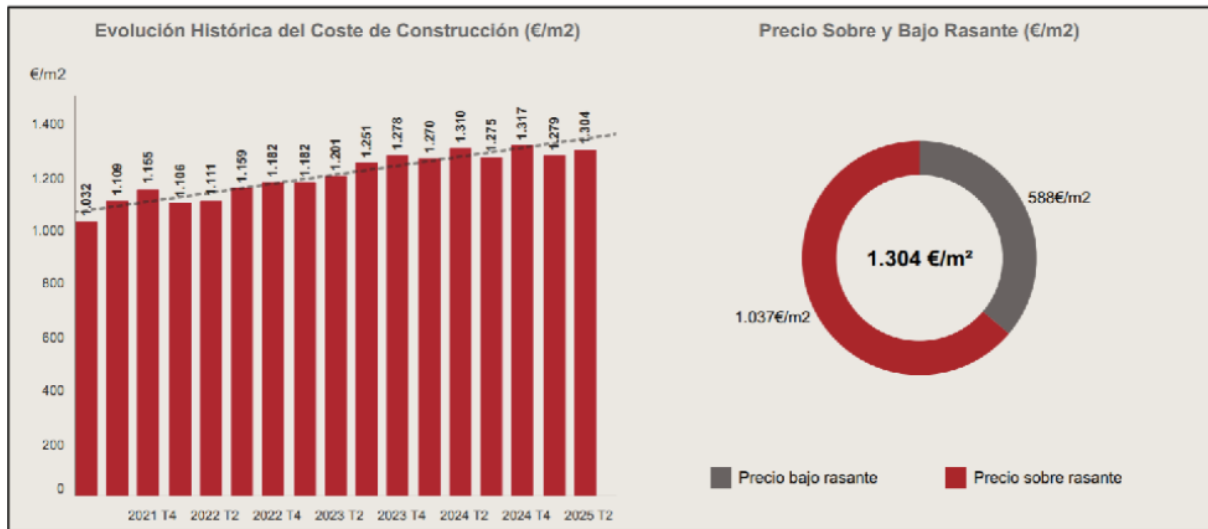


Figura 12-Costo di costruzione e variazione annuale, Spagna (ST Tasación, 2025)

Anche in questo caso il valore si colloca perfettamente all'interno dell'intervallo stimato in precedenza (1 260-1 580 euro/m²), confermando la coerenza della stima preliminare e dell'ordine di grandezza dei costi diretti di costruzione in Spagna.

3.4.4 Risultato e considerazioni finali

L'analisi dei costi diretti di costruzione mostra come gli intervalli di costo stimati per l'Italia (930-1 560 euro/m²) e per la Spagna (1 260-1 580 euro/m²) siano sostanzialmente comparabili, pur con alcune differenze. In particolare, l'intervallo italiano risulta più ampio, riflettendo le significative differenze regionali tra Nord e Sud del Paese, mentre quello spagnolo appare più concentrato. Questa analisi conferma che le imprese dei due Paesi affrontano condizioni confrontabili, rendendo ragionevole un'analisi congiunta sull'applicazione degli strumenti *Lean Construction*. In altre parole, nonostante le differenze locali, il confronto tra Italia e Spagna risulta molto pertinente e pertanto il lavoro proseguirà basandosi su questa ipotesi di comparabilità dei contesti economico-operativi.

4.

stato dell'arte

4.1 Principi Fondamentali della Lean Construction

La *Lean Construction* rappresenta un cambiamento di paradigma nella gestione e nell'esecuzione dei progetti edilizi. Non si tratta semplicemente di un insieme di strumenti e tecniche per migliorare la produttività, ma di una vera e propria filosofia di gestione che mira a eliminare gli sprechi, ottimizzare le risorse e massimizzare il valore per il cliente. Come già ribadito precedentemente, questo approccio trae origine dalla *Lean Manufacturing*, sviluppata inizialmente nel settore automobilistico da Toyota, e si è progressivamente adattato alle specificità dell'edilizia, un settore caratterizzato da una forte variabilità, processi non standardizzati e un'elevata complessità nella gestione delle risorse. A differenza dei metodi tradizionali, che spesso si basano su una logica sequenziale e frammentata, la *Lean Construction* promuove un'organizzazione integrata e collaborativa, in cui ogni fase del processo è studiata per garantire il massimo valore con il minimo spreco. L'implementazione della *Lean Construction* richiede un cambio di mentalità da parte di tutti gli attori coinvolti nel progetto. Le imprese devono abbandonare l'approccio tradizionale basato sulla massimizzazione della produzione indipendentemente dalla domanda e adottare una logica di produzione snella, in cui il lavoro viene svolto solo quando effettivamente necessario. Successivamente, verranno descritti i principi fondamentali, essenziali per comprenderne a pieno questa filosofia e sviluppare strategie efficaci (Clúster de la Edificación, 2022; Francis e Thomas, 2020).

4.1.1 Valore per il committente

Il valore è l'elemento centrale della *Lean Construction* e rappresenta il criterio principale in base al quale vengono prese le decisioni durante l'intero ciclo di vita del progetto. A differenza dei modelli tradizionali, che spesso misurano il successo di un cantiere in base al rispetto dei tempi e dei costi, la *Lean Construction* pone l'accento su ciò che il committente considera realmente importante (Aslam et al., 2020). Questo significa che ogni attività, fase o decisione deve essere valutata in termini di valore aggiunto, eliminando tutto ciò che non contribuisce direttamente a migliorare il risultato finale. Il valore per il committente non è un concetto statico, ma varia a seconda del contesto e delle esigenze specifiche di ciascun progetto. In un

edificio residenziale, ad esempio, potrebbe essere rappresentato dall'efficienza energetica, dal comfort abitativo e dalla qualità dei materiali utilizzati. In un ospedale, invece, il valore potrebbe essere legato all'ottimizzazione degli spazi per migliorare la logistica interna e ridurre i tempi di intervento del personale sanitario. Per questo motivo, nella *Lean Construction* si promuove un approccio partecipativo, in cui il committente è coinvolto sin dalle prime fasi del progetto per definire con precisione requisiti ed esigenze (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020).

4.1.2 Eliminazione delle inefficienze

All'interno della filosofia *Lean*, l'eliminazione delle inefficienze rappresenta l'obiettivo centrale per raggiungere la massima produttività, qualità e soddisfazione del committente. In questo contesto emergono tre termini giapponesi fondamentali: *Mura*, *Muri* e *Muda*, che identificano tipi specifici di inefficienza da eliminare per ottimizzare i processi produttivi e costruttivi (Clúster de la Edificación, 2022). (Figura 13)

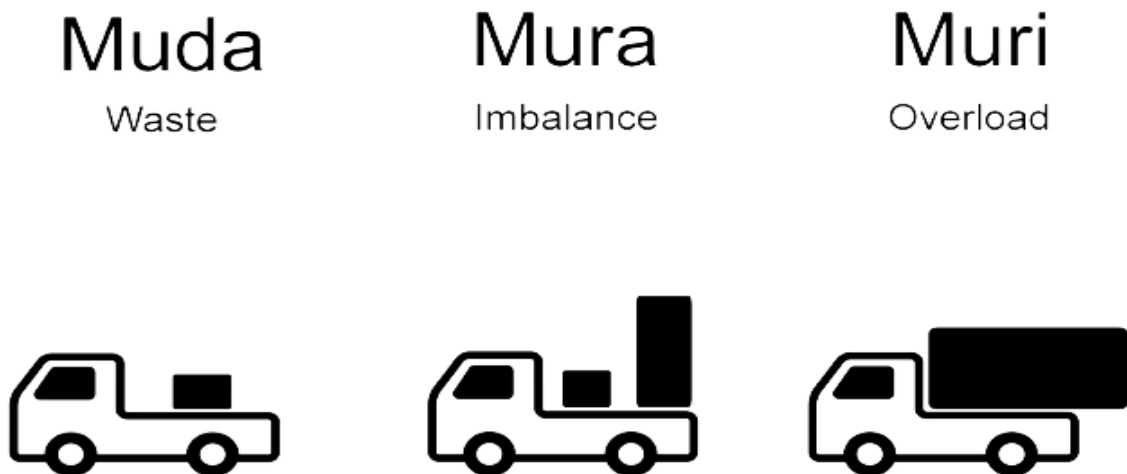


Figura 13-Muda, Mura, Muri (Nomus, 2023)

Mura

Il termine giapponese Mura (ムラ) indica le irregolarità e variazioni nel flusso di lavoro. Nei cantieri tradizionali, il flusso operativo risulta spesso disomogeneo, con frequenti alternanze tra picchi di produttività e momenti di inattività. Queste discontinuità sono generalmente dovute a ritardi nell'approvvigionamento dei materiali, errori o carenze nella pianificazione, scarsa coordinazione tra le squadre di lavoro, nonché a una gestione inefficace degli imprevisti. A tali criticità si aggiungono inoltre le interferenze legate alle condizioni meteorologiche avverse, che possono causare sospensioni delle attività, rallentamenti operativi o riorganizzazioni improvvise delle lavorazioni, accentuando ulteriormente la variabilità del processo operativo.

Eliminare Mura significa promuovere un flusso di lavoro continuo, dove ogni attività è ben coordinata e bilanciata per garantire migliore efficienza. Un cantiere o un processo produttivo che non è ben bilanciato, in cui vi siano continue variazioni della domanda, dei carichi di lavoro, o della disponibilità dei materiali e risorse, soffrirà inevitabilmente di inefficienze significative. Per ottenere questo risultato, vengono utilizzati strumenti avanzati come il *Last Planner System* (LPS), il *Takt Time* e il *Kanban* (Aslam et al., 2020), approfonditi in seguito, che permettono di bilanciare il carico di lavoro e di coordinare in modo preciso l'avanzamento del progetto. In un cantiere per la costruzione di un complesso residenziale, ad esempio, l'impresa può scegliere di suddividere ogni unità abitativa in fasi specifiche, assegnando un tempo preciso a ciascuna squadra per completare il proprio compito. Questo sistema consente agli operai di lavorare a ritmo costante, riducendo i tempi di attesa e garantendo che ogni area sia pronta per la fase successiva senza ritardi.

Muri

Il secondo termine giapponese Muri (無理) indica, invece, il sovraccarico, cioè la condizione in cui persone, macchinari e sistemi operativi vengono spinti oltre il loro limite naturale o progettuale. Questa situazione porta inevitabilmente ad imprecisioni, incidenti, stanchezza fisica e/o mentale, e più in generale a tutti quei problemi legati a sicurezza e qualità. Nel settore delle costruzioni, la gestione delle attività segue tradizionalmente un modello di tipo "Push", in cui i lavori vengono eseguiti secondo un piano prestabilito, senza considerare le reali necessità del progetto. Questo approccio genera frequentemente sovraccarichi di lavoro, accumuli di materiali inutilizzati e inefficienze nel coordinamento tra le squadre (Piña Ramírez et al., 2024). Eliminare Muri significa introdurre un modello "Pull", in cui le attività vengono

svolte solo quando realmente necessarie e in condizioni ottimali (Aslam et al., 2020). Grazie a questa strategia, il materiale viene fornito “Just-in-Time”, eliminando problemi di stoccaggio e riducendo gli sprechi. Un’impresa impegnata nella costruzione di un aeroporto, ad esempio, applica il sistema Pull alla gestione delle forniture di acciaio per le strutture portanti. Anziché accumulare enormi quantità di materiale in cantiere, la fornitura avviene in lotti programmati, seguendo il reale avanzamento dei lavori (Aslam et al., 2020). Il risultato è una riduzione dei costi di stoccaggio e un miglioramento dell’efficienza, con una drastica diminuzione degli sprechi di materiale legati a danneggiamenti, deterioramento causato dall’esposizione agli agenti atmosferici o allo stoccaggio prolungato e approvvigionamenti non allineati al reale avanzamento dei lavori.

Muda

Uno dei principali obiettivi della *Lean Construction* è l’eliminazione degli sprechi, definiti come tutte quelle attività che consumano risorse senza generare valore per il cliente. Il termine giapponese Muda (無駄) indica, infatti, lo spreco e nello specifico identifica 7+1 tipologie di spreco⁵ (Figura 14) che possono verificarsi in un cantiere e che devono essere eliminate per migliorare l’efficienza complessiva del processo costruttivo (Clúster de la Edificación, 2022; Koskela et al., 2002; Piña Ramírez et al., 2024). Questi sprechi sono:

1) Sovrapproduzione

La realizzazione anticipata di lavorazioni rispetto alle reali necessità genera inefficienze nel cantiere. L’accumulo di materiali inutilizzati, oltre a occupare spazio prezioso, aumenta il rischio di deterioramento e danneggiamento. Inoltre, eventuali modifiche al progetto

⁵ Il Toyota Production System (TPS), identificava inizialmente sette sprechi principali (Muda) nei processi produttivi. Con l’evoluzione della Lean Manufacturing, è stato introdotto un ottavo spreco, spesso definito come talento non utilizzato, particolarmente rilevante anche in cantiere. In ambito edilizio, questo spreco si manifesta quando le competenze non vengono valorizzate o risultano incoerenti con il ruolo assegnato: ad esempio, quando figure con valida esperienza tecnica o gestionale sono limitate a mansioni meramente esecutive o amministrative, oppure quando ruoli di coordinamento e pianificazione vengono affidati a risorse prive di un’adeguata formazione. In un contesto complesso e variabile come il cantiere, dove molte criticità vengono risolte direttamente sul campo, il risultato è duplice: da un lato si perde un potenziale miglioramento, dall’altro aumenta il rischio di inefficienze o errori dovuti a decisioni assunte in assenza di adeguate competenze.

possono rendere alcune lavorazioni e forniture obsolete, costringendo a rilavorazioni che implicano sprechi di tempo e risorse.

2) Attese

I tempi morti in cantiere sono una delle principali fonti di inefficienza. La mancanza di materiali al momento giusto, una programmazione incoerente o una scarsa sincronizzazione tra le squadre di lavoro causano interruzioni che rallentano l'intero processo. Ridurre le attese significa migliorare la pianificazione e garantire che ogni attività si svolga senza inutili periodi di inattività.

3) Trasporti inutili

Ogni spostamento superfluo di materiali, attrezzature o operai all'interno del cantiere comporta costi aggiuntivi e aumenta il rischio di danneggiamenti o smarrimenti. Un'organizzazione inefficiente della logistica porta a percorsi lunghi e ripetuti, causando dispersione di tempo ed energie.

4) Processi inefficienti

Quando le attività richiedono più tempo, materiali o risorse del necessario, si genera uno spreco che incide negativamente sulla produttività complessiva. Tale inefficienza può derivare dall'adozione di metodi inadeguati, dalla mancanza di procedure di lavoro chiare e condivise, oppure da una scarsa integrazione e coordinamento tra le diverse fasi operative.

5) Eccesso di scorte

Avere un surplus di materiali in cantiere può sembrare una misura prudente, ma in realtà comporta numerosi svantaggi. Il deterioramento dovuto a condizioni non ottimali di stoccaggio, il rischio di furti o danneggiamenti e l'occupazione di spazi che potrebbero essere utilizzati in modo più efficace sono solo alcuni degli effetti negativi.

6) Movimenti inutili

Quando gli operai devono compiere spostamenti non necessari all'interno del cantiere, si verificano ritardi e un consumo eccessivo di energia fisica. Strumenti o materiali posizionati in modo disordinato, percorsi di accesso poco efficienti e mancanza di organizzazione contribuiscono a questo problema.

7) *Inaccuratezze e rilavorazioni*

Errori in fase di costruzione comportano la necessità di interventi correttivi, con un impatto diretto su tempi e costi. Una progettazione carente, una manodopera non adeguatamente formata e il mancato controllo qualità sono tra le principali cause di inaccuratezze da dover correggere.

8) *Talento non utilizzato*

Non sfruttare pienamente il potenziale umano comporta perdite in termini di competenze, capacità di miglioramento continuo e opportunità di apprendimento. Questo spreco deriva spesso da una formazione inadeguata, da un coinvolgimento limitato delle figure operative nei processi decisionali e da una scarsa attenzione alla valorizzazione delle competenze disponibili, con effetti negativi sull'efficienza complessiva e sulla capacità innovativa del progetto.



Figura 14-Muda: i 7 sprechi della Lean (Headvisor)

Questi tre concetti vanno visti come aspetti connessi ad un unico principio generale, ovvero quello dell'eliminazione delle inefficienze. Essi sono strettamente collegati tra loro, poiché spesso la presenza di uno conduce inevitabilmente alla comparsa degli altri due (Figura 15):

- Mura (irregolarità) genera condizioni di sovraccarico (Muri) e sprechi (Muda).
- Muri (sovraccarico) porta inevitabilmente a irregolarità (Mura) e sprechi (Muda).
- Muda (sprechi) è la manifestazione finale delle inefficienze generate da Mura e Muri.

Per ottenere processi veramente efficienti e sostenibili nel lungo periodo, è fondamentale affrontare simultaneamente tutti e tre questi aspetti.

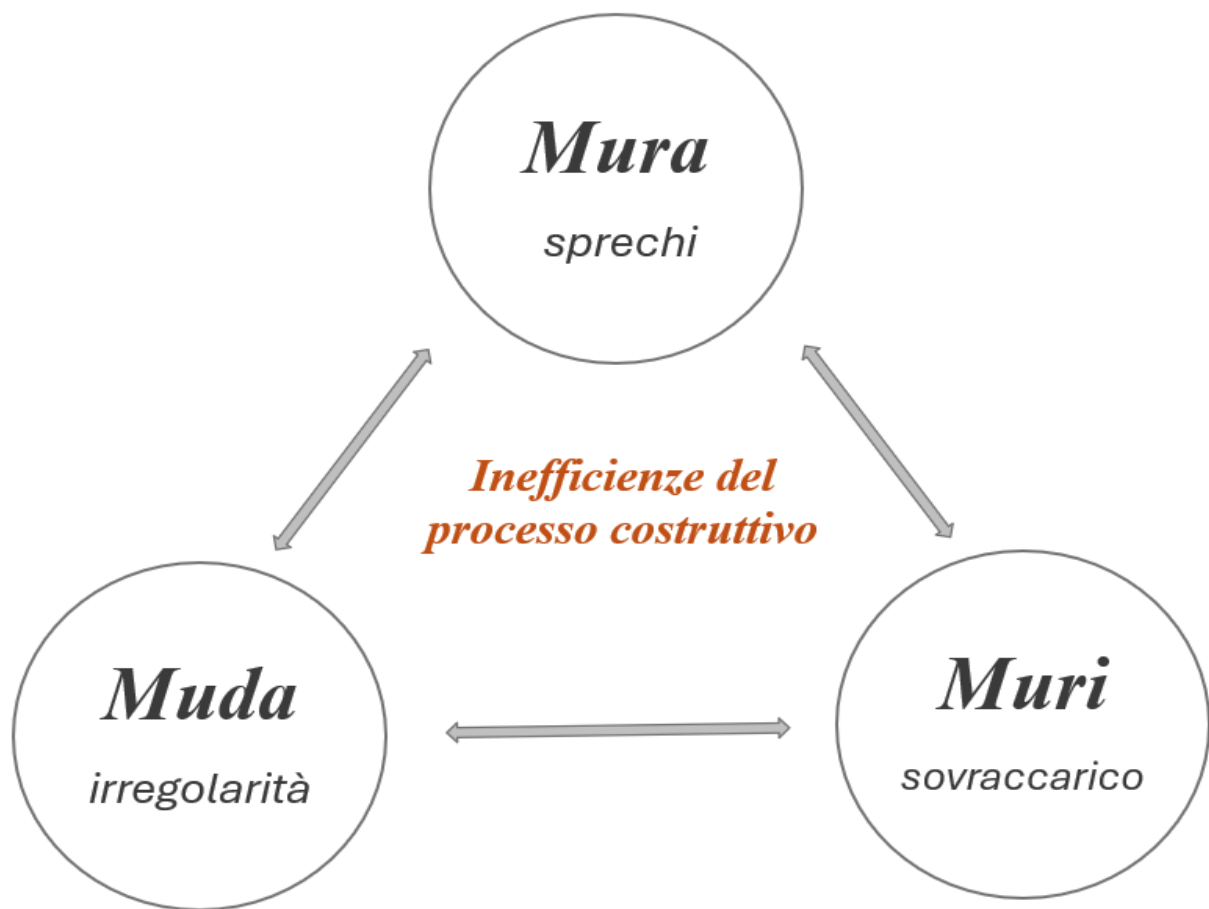


Figura 15-Interdipendenza tra Mura, Muri e Muda nel processo costruttivo, Produzione propria

4.1.3 Miglioramento continuo (Kaizen) e Benchmarking

La *Lean Construction* non si limita a ottimizzare i processi in fase di avvio, ma prevede un costante miglioramento delle prestazioni attraverso il principio Kaizen (改善). Questo approccio implica un'analisi sistematica delle attività per individuare inefficienze e opportunità di ottimizzazione, coinvolgendo attivamente tutti gli operatori nella ricerca di soluzioni. Per

garantire un miglioramento costante, viene adottato il ciclo PDCA⁶ (*Plan-Do-Check-Act*), che consente di pianificare le attività, monitorarne i risultati e implementare azioni correttive per affinare continuamente il processo costruttivo.

Parallelamente, il *benchmarking* viene utilizzato per confrontare le prestazioni del cantiere con le migliori pratiche del settore, identificando aree di miglioramento e strategie vincenti (Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020). Un'impresa di costruzioni che decide di integrare il *benchmarking* implementato con intelligenza artificiale, può monitorare la produttività delle proprie squadre, analizzando, ad esempio, i dati raccolti sui tempi di installazione di determinati elementi, valutandoli e confrontandoli con l'evoluzione degli standard del settore. Grazie a queste informazioni, l'impresa potrebbe introdurre nuove procedure di assemblaggio, riducendo i tempi di installazione e migliorando la qualità complessiva del lavoro (Clúster de la Edificación, 2022; Marosszeky e Karim, 1997).

Di seguito, vengono riportati i punti salienti trattati in questo capitolo, evidenziando le principali differenze tra i metodi tradizionali di gestione dei progetti edilizi e l'approccio *Lean Construction* (Tabella 1). Inoltre, a complemento dei principi fondamentali della *Lean Construction*, è essenziale comprendere gli strumenti operativi che ne permettono l'applicazione pratica. Nei capitoli successivi verranno analizzati in dettaglio i principali strumenti utilizzati per implementare questi principi nei cantieri e nei processi di gestione edilizia. Metodologie come, il *Last Planner System* (LPS), il *Value Stream Mapping* (VSM), il *Kanban*, il *Takt Time* e il sistema *Just-in-Time* (JIT) giocano un ruolo chiave nel panorama attuale e l'integrazione di queste tecniche ha permesso di riconfigurare l'approccio costruttivo,

⁶ Il ciclo PDCA ("*Plan-Do-Check-Act*"), noto anche come ciclo di Deming, è un approccio iterativo alla gestione finalizzato al miglioramento continuo dei processi. Il metodo si sviluppa attraverso quattro fasi fondamentali. Nella fase di "*Plan*", si identifica un problema, lo si analizza e si definisce un piano d'azione per affrontarlo in modo efficace. Segue la fase di "*Do*", in cui il piano viene attuato su scala ridotta per testarne la validità prima di un'applicazione più estesa. Successivamente, nella fase di "*Check*", si analizzano i risultati ottenuti e si confrontano con gli obiettivi iniziali, valutando eventuali scostamenti o criticità. Infine, nella fase di "*Act*", le soluzioni che si sono dimostrate efficaci vengono standardizzate e applicate su larga scala, mentre eventuali aspetti da migliorare vengono ulteriormente affinati per garantire un processo sempre più efficiente.

generando un flusso lavorativo più fluido, sincronizzato e reattivo alle esigenze del cantiere (Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020).

Tabella 1-Differenze tra i metodi tradizionali e l'approccio Lean Construction

Produzione propria a partire da: Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020.

<i>Lean Construction vs metodi tradizionali</i>		
Dimensione	Metodi tradizionali	Lean Construction
Gestione progetti	Approccio rigido e sequenziale, con scarsa collaborazione tra le parti coinvolte	Approccio integrato e collaborativo, con una gestione più dinamica e coordinata
Pianificazione	Basata su cronoprogrammi e piani definiti in fase progettuale, spesso impostati in modo rigido e con aggiornamenti poco dinamici rispetto alle condizioni effettive di cantiere	Pianificazione adattiva e collaborativa, aggiornata in funzione dello stato di avanzamento reale e delle condizioni di cantiere, per stabilizzare il flusso e ridurre variabilità e criticità
Flusso di lavoro	Alternanza tra momenti di intensa attività e fasi di inattività, con numerose interruzioni	Organizzazione del lavoro più fluida e continua, riducendo tempi morti e interruzioni
Gestione delle risorse	Possibili inefficienze dovute a una scarsa sincronizzazione tra le attività	Ottimizzazione dell'impiego della manodopera e delle attrezzature, riducendo sprechi e inattività
Sistemi di approvvigionamento	Fornitura e pagamento di materiali in anticipo, con conseguenti rischi di spreco o deterioramento	Fornitura dei materiali basata sulle reali esigenze di cantiere, riducendo scorte superflue

Lean Construction vs metodi tradizionali

Dimensione	Metodi tradizionali	Lean Construction
Approccio alla qualità	Controlli qualità effettuati a fine processo, aumentando il rischio di rilavorazioni	Controlli qualità continui durante tutto il ciclo costruttivo per prevenire errori
Sprechi	Alti livelli di spreco dovuti a rilavorazioni, sovrapproduzione, trasporti inutili e attese	Riduzione degli sprechi attraverso una gestione più efficiente delle risorse e delle tempistiche
Coinvolgimento del committente	Ruolo limitato del committente, che interviene solo in caso di problemi o modifiche	Il committente è coinvolto sin dalle prime fasi per garantire che il progetto risponda alle sue esigenze
Utilizzo della tecnologia	Uso di strumenti digitali poco integrati e scarsamente orientati al coordinamento operativo.	Uso di strumenti digitali avanzati e dinamici per migliorare il coordinamento e la gestione del progetto
Efficienza economica	Costi elevati dovuti a sprechi di materiali, attese e inefficienze operative	Maggiore controllo sui costi grazie all'ottimizzazione dei processi e alla riduzione dei tempi di costruzione
Sostenibilità	Maggiore impatto ambientale dovuto alla produzione di rifiuti e materiali di scarto	Maggiore attenzione alla sostenibilità, riducendo il consumo di materiali e l'impatto ecologico

4.2 Gli strumenti della Lean Construction

L'efficacia e la concretezza della *Lean Construction* si traducono nell'utilizzo consapevole di una serie di strumenti metodologici che rappresentano il vero motore operativo di questa filosofia gestionale. Derivati originariamente dal *Toyota Production System* (TPS) e dall'approccio *Lean Manufacturing*, questi strumenti sono stati sapientemente adattati al settore edilizio, offrendo la possibilità di modificare le tradizionali modalità operative al fine di migliorare notevolmente le prestazioni in termini di produttività, qualità e sostenibilità. Gli strumenti descritti di seguito rappresentano il cuore pulsante della *Lean Construction*, ampiamente riconosciuti e trattati nella letteratura scientifica internazionale.

4.2.1 Last Planner System (LPS)

Il *Last Planner System* (LPS) rappresenta uno strumento metodologico essenziale per la pianificazione collaborativa e il controllo operativo dei cantieri, sviluppato nei primi anni Novanta negli Stati Uniti, da Glenn Ballard e Greg Howell. LPS nasce dall'osservazione critica delle inefficienze derivanti dall'approccio tradizionale, in cui la pianificazione avviene esclusivamente a livello dirigenziale senza considerare gli input operativi provenienti direttamente dal cantiere. Il *Last Planner System* si distingue nettamente da tale logica tradizionale, introducendo una pianificazione partecipata, fortemente orientata al breve periodo, e basata sul coinvolgimento diretto degli operatori che svolgono concretamente le attività produttive. Questi ultimi, spesso responsabili di cantiere, capisquadra e operai esperti, diventano attori chiave del processo di pianificazione, fornendo informazioni precise e aggiornate sul reale stato delle attività operative e sulle problematiche quotidiane che si presentano (Clúster de la Edificación, 2022; Koskela et al., 2002).

L'implementazione operativa del Last Planner System segue una sequenza rigorosa e strutturata, articolata su differenti livelli temporali e decisionali (Figura 16). In primo luogo, la pianificazione principale "Master Planning" definisce gli obiettivi strategici di lungo termine del progetto. Successivamente, il piano intermedio, detto "Lookahead Planning", generalmente su un orizzonte temporale di quattro o sei settimane, individua preventivamente tutte le condizioni necessarie (materiali, risorse, autorizzazioni) per svolgere efficacemente le

attività previste. Questa fase consente di anticipare eventuali problemi operativi e assicura una preparazione accurata delle risorse. La terza fase, definita “Weekly Work Plan”, consiste nella pianificazione settimanale dettagliata, con attività precise, realistiche e condivise con tutte le parti coinvolte (Figura 17). Infine, il controllo giornaliero tramite brevi riunioni operative “Daily Huddles” permette di monitorare l’avanzamento delle attività, apportando rapidamente correzioni in caso di problemi o ritardi (Clúster de la Edificación, 2022; Koskela et al., 2002).

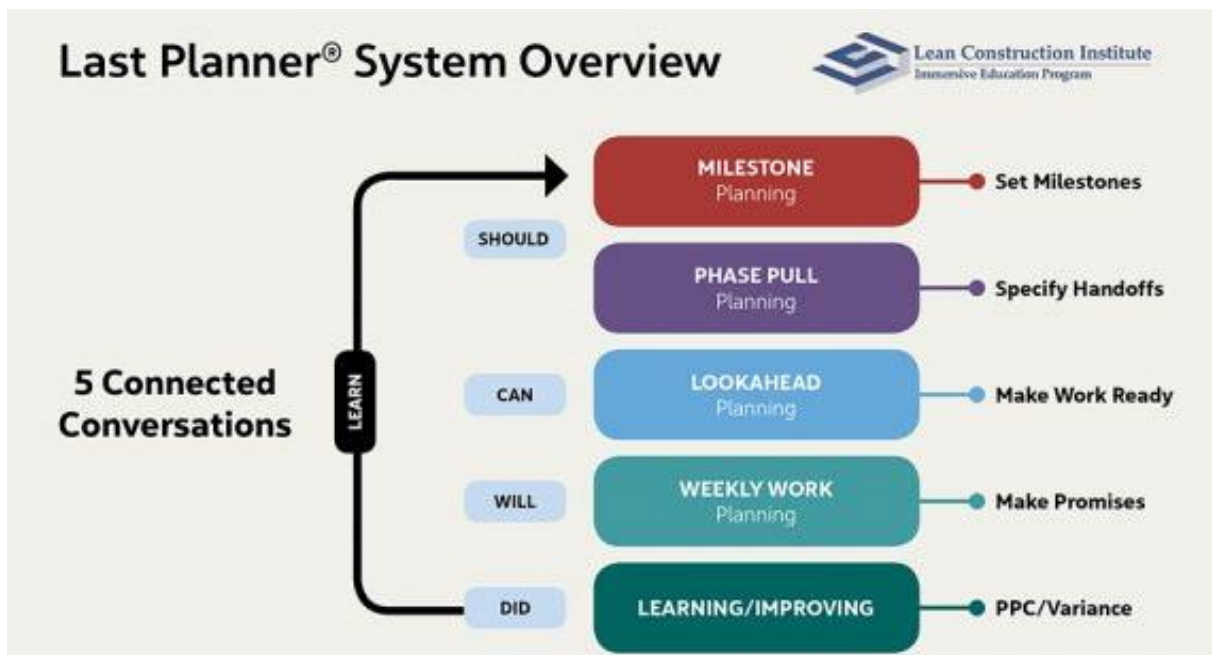


Figura 16-Livelli di pianificazione del Last Planner System (Lean Construction Australia)

Uno dei principali punti di forza LPS risiede nella sua capacità di aumentare significativamente la percentuale di attività completate “PPC” (Percent Plan Complete) nel rispetto dei tempi previsti, riducendo drasticamente il rischio di ritardi, imprevisti e sovraccosti dovuti alla disorganizzazione e alle difficoltà comunicative tra squadre di lavoro. Studi e casi di applicazione reale hanno dimostrato che l’adozione rigorosa del *Last Planner System* può incrementare sensibilmente l’affidabilità della pianificazione (con valori medi di PPC superiori all’80-90%), migliorare la produttività delle squadre operative e garantire una qualità superiore dei risultati complessivi del progetto (Clúster de la Edificación, 2022; Koskela et al., 2002).



Figura 17-Esempio di pianificazione a medio-breve termine LPS (Clúster de la Edificación, 2022)

4.2.2 Value Stream Mapping (VSM)

Il *Value Stream Mapping* (VSM) è uno strumento analitico-diagnostico di grande efficacia, introdotto nel mondo della *Lean Production* per mappare, visualizzare e analizzare il flusso di valore generato da ogni attività di un processo produttivo.

Applicato al contesto edilizio, il VSM diventa una tecnica straordinariamente potente per identificare con precisione tutte quelle operazioni che aggiungono valore reale per il committente e distinguere immediatamente quelle che costituiscono uno spreco (*muda*). La metodologia VSM prevede la realizzazione di una rappresentazione grafica dettagliata del flusso operativo di cantiere, utilizzando simboli grafici specifici che consentono di visualizzare chiaramente tempi operativi, tempi morti, spostamenti inutili, accumuli superflui di materiali e risorse, inefficienze di varia natura e “colli di bottiglia” organizzativi (Figura 18) (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024; Gupta et al., 2020).

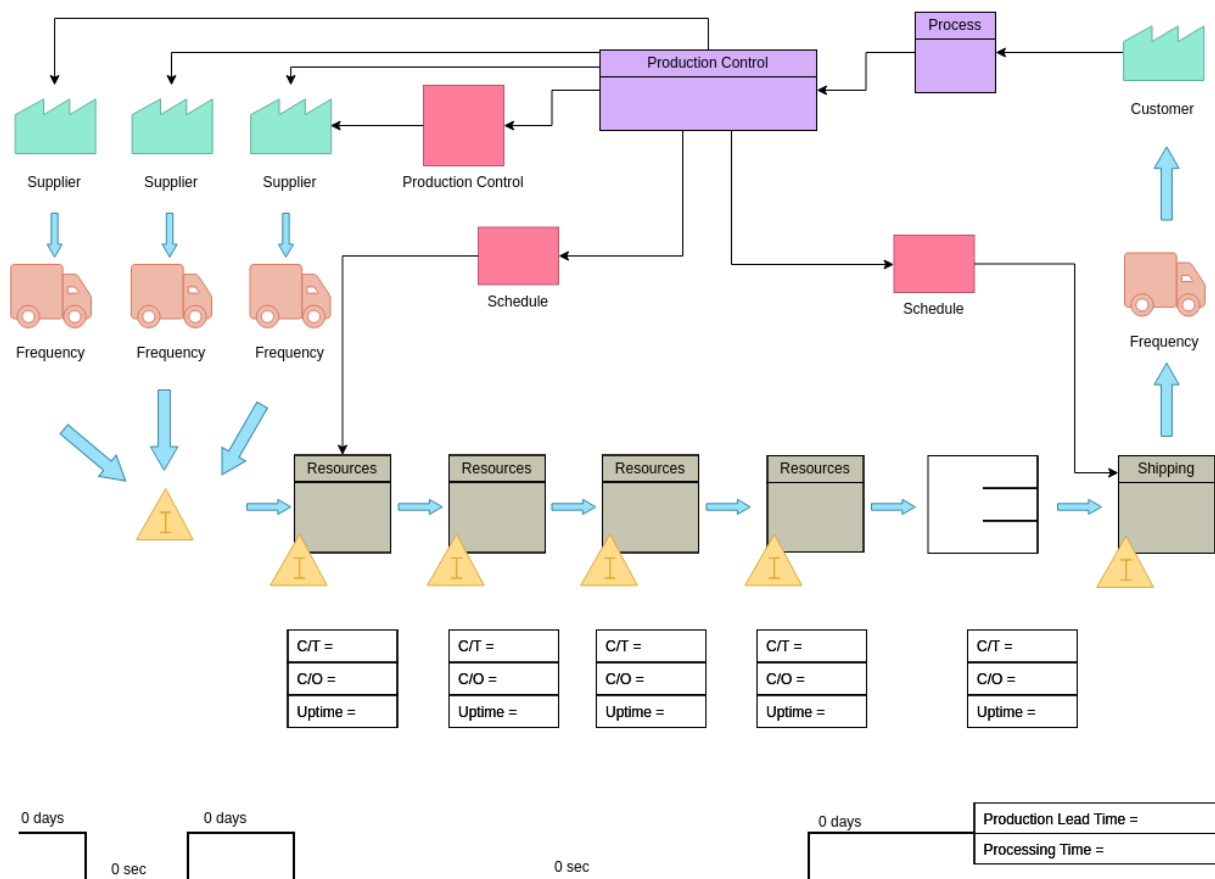


Figura 18-Esempio di template Value Stream Mapping per l'analisi dei flussi di valore (Visual Paradigm)

Il processo inizia con un'attenta analisi dell'attuale stato operativo "current state map", ossia una rappresentazione precisa delle reali condizioni del cantiere. Successivamente, attraverso una fase collaborativa di analisi e *brainstorming* con tutti gli operatori coinvolti, si definisce una mappa di stato futuro "future state map" che mostra come potrebbe diventare il processo operativo se venissero eliminate tutte le inefficienze individuate. In sostanza, il VSM non è semplicemente un metodo di analisi, ma un vero e proprio strumento di *decision-making*, che permette di definire con precisione gli interventi migliorativi più efficaci e immediati da attuare nel cantiere. Grazie alla sua capacità di coinvolgere direttamente gli operatori del processo produttivo nella ricerca delle soluzioni, il VSM crea un forte senso di consapevolezza e partecipazione, incrementando il successo delle azioni correttive adottate. (Michalski et al., 2022; Gupta et al., 2020; Sarhan e Pretlove, 2021)

4.2.3 Just-in-Time (JIT)

Il *Just-in-Time* (JIT) rappresenta uno strumento di gestione della produzione mirato a ridurre drasticamente o eliminare completamente lo stoccaggio preventivo dei materiali, operando una pianificazione e gestione degli approvvigionamenti basata rigorosamente sulla reale domanda operativa. Trasferito nel settore delle costruzioni, il JIT risulta particolarmente efficace nell'affrontare una delle principali criticità dei cantieri tradizionali: la gestione inefficace e inefficiente dei materiali e delle risorse logistiche. L'applicazione rigorosa del *Just-in-Time* in un cantiere prevede che ogni singolo materiale, attrezzatura o risorsa operativa venga consegnato esattamente nel momento e nel luogo in cui è necessario, né prima né dopo. Questo approccio elimina i tipici problemi associati alla gestione delle scorte, quali deterioramento dei materiali, sprechi per acquisti anticipati, problemi di spazio e logistica dovuti allo stoccaggio eccessivo, e ritardi produttivi causati dalla mancanza improvvisa di risorse (Figura 19) (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024).



Figura 19-JIT (Base.vn, 2025)

Dal punto di vista operativo, implica una stretta collaborazione con i fornitori e una gestione logistica impeccabile, in grado di assicurare la puntualità e l'affidabilità delle consegne. Tuttavia, l'adozione efficace del *Just-in-Time* comporta una significativa riduzione dei costi logistici e operativi, un miglioramento considerevole della produttività delle squadre e una gestione complessivamente più snella e agile dell'intero processo costruttivo. (Sarhan e Pretlove, 2021; Solaimani e Sedighi, 2020)

immediatamente evidente la situazione reale di avanzamento rispetto alla pianificazione prevista (Koskela et al., 2002; Piña Ramírez et al., 2024).

4.2.5 Metodo 5S

Il metodo 5S è uno strumento gestionale orientato all'organizzazione efficiente dello spazio lavorativo, ideato in Giappone come parte integrante del *Toyota Production System*. Basato su cinque principi operativi (Figura 21), ciascuno identificato da una parola giapponese, il 5S propone un percorso strutturato per garantire ordine, sicurezza, efficienza e produttività nei luoghi di lavoro. Le cinque fasi del metodo sono:

1. *Seiri* = Separare, eliminare il superfluo.
2. *Seiton* = Sistemare, organizzare logicamente ciò che rimane.
3. *Seiso* = Pulire e mantenere l'ambiente lavorativo in perfetto stato.
4. *Seiketsu* = Standardizzare procedure operative efficaci.
5. *Shitsuke* = Sostenere nel tempo, consolidando abitudini positive.



Figura 21-Le cinque fasi del metodo 5S: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Andreacosentino.com)

Nel settore edilizio, l'applicazione rigorosa e continua del metodo 5S consente di trasformare radicalmente l'organizzazione dei cantieri, eliminando accumuli inutili di materiali, migliorando l'accessibilità e la funzionalità degli spazi operativi, e aumentando significativamente il livello di sicurezza e produttività del personale (Figura 22). Grazie alla

standardizzazione delle pratiche operative, questo metodo assicura una maggiore qualità del lavoro svolto e una riduzione del disordine, degli incidenti e delle perdite di tempo legate a disorganizzazione e confusione gestionale. (Piña Ramírez et al., 2024; Solaimani e Sedighi, 2020)



Figura 22-Esempio di applicazione del metodo 5S: confronto tra postazione di lavoro prima e dopo (CTQ, 2019)

4.2.6 Takt Time

Takt Time è uno strumento metodologico di grande precisione, derivato dalla produzione manifatturiera snella, e adattato con successo al contesto operativo delle costruzioni. Il termine “Takt” deriva dal tedesco e indica il ritmo operativo ideale con cui le attività devono essere svolte per rispondere esattamente alla domanda produttiva del committente o del progetto. Nella *Lean Construction*, il *Takt Time* rappresenta dunque il ritmo ideale, uniforme e costante di avanzamento operativo delle attività di cantiere, determinato sulla base della tempistica complessiva disponibile per realizzare l’opera rispetto alla domanda effettiva del committente.

Applicare il *Takt Time* significa bilanciare accuratamente il carico operativo di ciascuna squadra di lavoro, assicurando che ogni fase produttiva venga completata entro un determinato intervallo di tempo, evitando così periodi di inattività o sovraccarichi. Questo strumento operativo richiede una rigorosa pianificazione preventiva e un monitoraggio costante dell’avanzamento reale del progetto rispetto al ritmo prestabilito. La corretta applicazione del *Takt Time* consente non solo una gestione efficiente delle risorse operative, ma permette anche di ridurre drasticamente sprechi e ritardi dovuti a sovrapproduzione o sottoproduzione,

garantendo una maggiore coerenza e prevedibilità dei risultati produttivi finali. (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024)

4.2.7 Integrated Project Delivery (IPD)

L'*Integrated Project Delivery* (IPD) è un modello contrattuale e gestionale innovativo che promuove una forte integrazione collaborativa tra tutte le parti coinvolte nel progetto fin dalle fasi preliminari. Basato sui principi del *Lean Thinking*, l'IPD prevede che progettisti, costruttori, fornitori e committenti siano coinvolti fin dall'inizio, condividendo apertamente rischi, benefici e responsabilità. Questa modalità di gestione mira a sostituire l'approccio contrattuale tradizionale (spesso conflittuale e basato su rapporti competitivi), con un modello che pone enfasi sulla trasparenza, sulla fiducia reciproca e sulla condivisione collettiva degli obiettivi e delle decisioni operative.

Nell'ambito della *Lean Construction*, l'IPD consente di eliminare conflitti operativi e incomprensioni progettuali che spesso causano ritardi, sovraccosti e scarsa qualità finale. L'adozione di questo modello prevede l'impiego di strumenti contrattuali chiari, rigorosi e condivisi che promuovono la collaborazione e il lavoro di squadra, creando un ambiente operativo positivo, dinamico e altamente efficiente. Studi empirici e casi concreti dimostrano che l'IPD contribuisce significativamente a migliorare la qualità complessiva del progetto, ridurre i tempi di consegna, diminuire i costi operativi e aumentare la soddisfazione del committente finale grazie a una gestione trasparente e partecipata di tutte le fasi operative. (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020)

4.2.8 Pokayoke, Hoshin Kanri e Heijunka

Oltre agli strumenti principali precedentemente descritti, esistono ulteriori strumenti operativi nella filosofia della *Lean Construction* che, sebbene spesso considerati secondari nella letteratura, rivestono un ruolo strategico fondamentale nell'assicurare un'efficienza operativa completa, robusta e sostenibile. Tra questi, spiccano per efficacia e versatilità metodologie come il *Pokayoke*, l'*Hoshin Kanri* e l'*Heijunka*, che completano il quadro operativo *Lean* offrendo strumenti avanzati per gestire, pianificare e bilanciare la produzione.

Pokayoke

Il *Pokayoke*, termine giapponese che significa letteralmente “a prova di errore”, è una tecnica operativa, progettata per prevenire radicalmente gli errori piuttosto che limitarli o correggerli dopo che si sono già verificati. Nell’ambito edilizio, l’applicazione del *Pokayoke* permette di anticipare gli errori umani e tecnici, evitando rilavorazioni onerose e dispendiose, che rappresentano spesso una delle principali fonti di spreco e inefficienza operativa in cantiere. Questa tecnica si concretizza nell’utilizzo sistematico di procedure operative standardizzate, *checklist* dettagliate, sistemi visivi o dispositivi automatici di controllo che rendono materialmente impossibile compiere azioni errate. L’adozione rigorosa del *Pokayoke* in cantiere consente di migliorare sensibilmente la qualità finale del lavoro, ridurre drasticamente rilavorazioni e sprechi, e creare un ambiente operativo più sicuro ed efficace. (Piña Ramírez et al., 2024; Solaimani e Sedighi, 2020)

Hoshin Kanri

L’*Hoshin Kanri* è un potente strumento di pianificazione strategica nato e perfezionato in Giappone, letteralmente traducibile come “gestione per obiettivi strategici”. La caratteristica principale di questo metodo consiste nella sua capacità di collegare chiaramente e coerentemente gli obiettivi strategici di alto livello con le attività operative quotidiane, in una struttura di pianificazione altamente integrata e partecipativa. Nel contesto edilizio, *Hoshin Kanri* permette di allineare le strategie generali del progetto con le specifiche attività esecutive svolte sul cantiere, garantendo che tutte le operazioni quotidiane siano finalizzate a perseguire coerentemente gli obiettivi strategici fissati dall’organizzazione o dal committente finale. Operativamente, *Hoshin Kanri* richiede la definizione precisa di obiettivi strategici chiari, la comunicazione trasparente di tali obiettivi a tutti i livelli aziendali e operativi, e la creazione di meccanismi strutturati di monitoraggio e revisione periodica. L’applicazione di *Hoshin Kanri* nel settore delle costruzioni consente così di evitare i tipici problemi di scollamento tra strategie aziendali e operatività quotidiana, riducendo inefficienze, sprechi di risorse e tempi, e migliorando sensibilmente la coerenza complessiva del progetto. Progetti edili che utilizzano rigorosamente *Hoshin Kanri* registrano frequentemente miglioramenti tangibili nelle performance operative generali e un significativo incremento della soddisfazione del committente finale, che vede chiaramente riflessi nella qualità finale gli obiettivi strategici originariamente prefissati. (Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024)

Heijunka

L'*Heijunka* è uno strumento fondamentale della filosofia *Lean*, orientato specificatamente alla gestione equilibrata della produzione, con l'obiettivo primario di evitare sovrapproduzioni e sottoproduzioni. La parola giapponese "Heijunka" indica proprio "livellamento" della produzione, riferendosi a una distribuzione uniforme e continua del carico lavorativo e delle risorse operative disponibili nel tempo. L'applicazione di *Heijunka* nel settore edilizio implica una pianificazione preventiva estremamente precisa delle attività operative, che tiene conto non soltanto dei picchi massimi di produzione, ma soprattutto di un flusso lavorativo omogeneo, sostenibile e costante lungo l'intera durata del progetto. Questo strumento consente di affrontare una delle principali criticità dei cantieri tradizionali, caratterizzati spesso da una gestione irregolare e squilibrata delle risorse, che genera sovraccarichi operativi, periodi di inattività e inefficienze nella distribuzione delle attività. Applicando rigorosamente *Heijunka*, ogni singola fase operativa del progetto viene svolta secondo un ritmo di produzione uniforme, chiaramente definito e bilanciato, evitando sprechi di risorse e riducendo sensibilmente il rischio di errori operativi, rallentamenti e interruzioni produttive. Studi e applicazioni pratiche nella *Lean Construction* dimostrano chiaramente la capacità di questo metodo di migliorare significativamente la produttività complessiva, aumentare la prevedibilità dei risultati operativi e assicurare una gestione più fluida, agile ed efficace dei progetti edilizi. (Piña Ramírez et al., 2024; Solaimani e Sedighi, 2020)

Gli strumenti della *Lean Construction* sono senza dubbio il motore operativo di questa filosofia e se usati con consapevolezza possono davvero rivoluzionare il modo di progettare e costruire. Tuttavia, applicare questi concetti a pratiche operative concrete, risulta molto complesso. Troppo spesso, infatti, l'adozione di questi strumenti si scontra con resistenze ed ostacoli di diverso tipo. Per comprendere meglio perché accade questo e cosa si potrebbe fare per evitarlo, è fondamentale guardare più da vicino alle criticità e alle barriere che ne ostacolano la diffusione.

4.3 Criticità, ostacoli e barriere all'adozione della Lean Construction

Nonostante la crescente diffusione dei principi *Lean Construction* a livello globale (IGLC, 1993; Alves e Tsao, 2007) e il crescente insieme di evidenze che ne testimoniano i benefici (Aslam et al., 2020; Michalski et al., 2022; Clúster de la Edificación, 2022), la sua adozione continua a incontrare numerose resistenze, che si manifestano in forme diverse a seconda del contesto geografico, culturale, organizzativo e tecnologico. L'effettiva adozione della *Lean Construction* non è infatti un semplice processo tecnico, bensì un profondo cambiamento culturale e operativo che coinvolge l'intero ecosistema delle costruzioni. Le barriere più significative possono essere ricondotte a quattro macrocategorie che, per semplicità, nel proseguimento di questo lavoro verranno indicate con l'acronimo C.O.R.A. a rappresentare rispettivamente:

- Carenza di competenze specifiche,
- Ostacoli tecnici ed economici,
- Resistenze culturali e organizzative,
- Adattabilità degli strumenti *Lean* a diversi contesti.

1. Carenza di competenze specifiche

Alla base di queste barriere vi è una carenza di competenze specifiche e di formazione mirata alle metodologie *Lean*. Il problema non riguarda soltanto l'alta direzione o i responsabili di produzione, ma include tutte le figure professionali coinvolte nella gestione del processo edilizio. In particolare, manca spesso la capacità di interpretare, per poi tradurre, i principi teorici della *Lean* in azioni concrete sul campo. A conferma di ciò, secondo il rapporto del "Clúster de la Edificación" (Clúster de la Edificación, 2022), molte imprese spagnole dichiarano di conoscere solo superficialmente alcuni degli strumenti fondamentali di questa filosofia, mentre sono ancora più rare le realtà che ne adottano l'utilizzo seguendo un approccio sistematico.

Una delle principali cause di carenza di competenze specifiche può essere ricondotta alla mancanza di formazione mirata sulle metodologie *Lean Construction*. Nel contesto italiano, l'integrazione della *Lean Construction* nei percorsi universitari di ingegneria e architettura risulta ancora limitata. Alcune eccezioni possono essere individuate presso la Libera Università di Bolzano (Libera Università di Bolzano), dove l'offerta didattica include insegnamenti che richiamano esplicitamente ai principi *Lean*, e presso il Politecnico di Milano (Politecnico di Milano-Scuola Master F.lli Pesenti), limitatamente a percorsi post-laurea, sebbene non risultino presenti insegnamenti curricolari strutturati dedicati alla *Lean Construction* all'interno dei corsi di laurea. Nel resto del panorama universitario nazionale, la *Lean Construction* è generalmente richiamata come approccio emergente, ma senza un adeguato approfondimento orientato allo sviluppo di competenze operative per le future applicazioni. Queste esperienze rappresentano un primo passo significativo, tuttavia non risultano ancora sufficienti a coprire l'intera domanda formativa a livello nazionale. Nel contesto spagnolo, la situazione risulta in gran parte analoga. Alcune eccezioni possono essere individuate presso percorsi post-laurea o corsi brevi, come quelli offerti dalla Universidad Politécnica de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid); tuttavia, non è ancora comune riscontrare la presenza di insegnamenti obbligatori di *Lean Construction* all'interno dei programmi di ingegneria o architettura (Construible.es, 2022).

Molte università offrono moduli o iniziative legate al BIM, ma l'approccio *Lean* è ancora percepito come complemento, non fondamento (Ingegneri.info, 2024). Anche le iniziative di aggiornamento professionale sono ancora sporadiche e dipendono fortemente dalla sensibilità delle singole aziende. Di conseguenza, tali situazioni contribuiscono a prolungare la percezione della *Lean* come una "moda manageriale", anziché come una vera e propria rivoluzione del modo di costruire.

2. Ostacoli tecnici ed economici

Accanto agli ostacoli formativi, si collocano quelli di tipo tecnico ed economico. L'adozione della *Lean Construction* richiede, infatti, una ridefinizione dei processi produttivi, poiché risulta fondamentale possedere un'adeguata infrastruttura tecnologica e soprattutto organizzativa. In contesti operativi, l'assenza di strumenti digitali di supporto alla pianificazione e la mancanza di processi standardizzati rappresentano un limite concreto all'implementazione di approcci *Lean*. Ad esempio, la pratica del *Just In Time* (efficace nel ridurre i tempi di attesa e l'immobilizzazione dei materiali) presuppone un sistema logistico preciso, una comunicazione in tempo reale tra fornitori e imprese esecutrici e una gestione accurata dei flussi informativi

(Michalski et al., 2022). Inoltre, la percezione di costi iniziali elevati, legati alla necessità di formazione, consulenze esterne o software dedicati, rappresenta un ulteriore freno, soprattutto per le piccole e medie imprese, sebbene sia dimostrato che tali investimenti siano ampiamente compensati nel medio-lungo periodo da benefici quali: riduzione degli sprechi, miglioramento della qualità e aumento della produttività complessiva, come sottolineato diverse volte in questo lavoro e dimostrato da numerosi casi studio documentati (Clúster de la Edificación, 2022; Dumrak e Zarghami, 2025; Solaimani e Sedighi, 2020).

3. Resistenze culturali e organizzative

La terza e forse più insidiosa delle barriere all'adozione della *Lean Construction* è di natura culturale e organizzativa. Le pratiche *Lean* si fondano su una logica di collaborazione, trasparenza e miglioramento continuo, valori che spesso si scontrano con la struttura tradizionale dei cantieri e dei modelli gestionali ancora molto diffusi nel settore, particolarmente in quegli ambiti dominati da una cultura contrattualistica conflittuale, una scarsa propensione al cambiamento e la presenza di forti gerarchie. Il “Clúster de la Edificación”, nel suo rapporto sul grado di implementazione della *Lean Construction* in Spagna (Clúster de la Edificación, 2022), ha evidenziato come una delle principali criticità rilevate dalle imprese risieda proprio nella difficoltà a instaurare dinamiche realmente collaborative tra i diversi attori del processo edilizio, inclusi progettisti, imprese esecutrici, fornitori e committenza (Clúster de la Edificación, 2022). Tuttavia, tale situazione si riscontra frequentemente anche in contesti extraeuropei, come causa della storica frammentazione del settore e della scarsa standardizzazione dei processi. L'assenza di una visione condivisa ostacola l'adozione di strumenti cardine della filosofia *Lean*, che presuppongono ottima comunicazione orizzontale e buon coordinamento tra gli attori del settore.

4. Adattabilità degli strumenti *Lean* a diversi contesti

Un'ulteriore barriera significativa all'adozione della *Lean Construction* riguarda la sua adattabilità ai diversi contesti nazionali. Come evidenziato da Mughees Aslam, Zhili Gao, Gary (Aslam et al., 2020) e da Solaimani S. e Sedighi M. (Solaimani e Sedighi, 2020), l'efficacia degli strumenti *Lean* cambia molto da un Paese all'altro. Le pratiche che funzionano in un luogo possono rivelarsi meno utili altrove, perché ogni sistema edilizio è influenzato da cultura, leggi, abitudini e caratteristiche del mercato. In altre parole, la *Lean Construction* non è un “modello universale”, ma richiede adattamenti intelligenti per essere davvero efficace. Un

esempio emblematico viene dalla Cina, dove strumenti come il *Kanban* e *Just In Time* si sono diffusi rapidamente. In questo contesto, caratterizzato da una forte industrializzazione e grandi progetti pubblici, questi strumenti si adattano bene a sistemi produttivi gestiti con precisione, sono approcci che funzionano bene quando tutti i soggetti coinvolti sono abituati a lavorare in modo organizzato e sincronizzato (Piña Ramírez et al., 2024). In Europa sta prendendo piede un modello più integrato, con pratiche sempre più spesso orientate alla sostenibilità. Non si tratta solo di ridurre costi e sprechi, ma anche di costruire in modo più responsabile verso l'ambiente e più trasparente nei confronti dei soggetti coinvolti (European Construction Sector Observatory, 2020). Quindi, è possibile intuire come queste barriere non si limitino a resistenze teoriche o alla mancanza di strumenti, ogni contesto presenta caratteristiche uniche che influenzano la possibilità di applicare i principi *Lean*.

In conclusione, l'adozione della *Lean Construction* non può essere affrontata come una semplice relazione da risolvere con l'introduzione di strumenti operativi. Risulta facile intuire come le quattro barriere C.O.R.A. appena descritte, non si limitino a resistenze teoriche o alla sola mancanza di strumenti, ma è necessario sottolineare come ogni contesto presenta caratteristiche uniche che influenzano la possibilità di applicare i principi *Lean*. Di conseguenza, superare le barriere culturali, rafforzare le competenze, investire in tecnologie e soprattutto saper adattare gli strumenti alle differenze ed esigenze locali, sono condizioni imprescindibili per trasformare l'approccio *Lean* in uno strumento efficace e concreto.

4.4 Integrazione tecnologica: IA × Lean Construction

In una realtà sempre più interconnessa e tecnologicamente avanzata, il settore delle costruzioni si trova davanti a un bivio cruciale: abbracciare il cambiamento digitale o restare ancorato a modelli consolidati e poco efficaci. La filosofia *Lean*, nata con l'obiettivo primario di eliminare sprechi e ottimizzare continuamente i processi, trova oggi nell'integrazione delle tecnologie digitali, e in particolare nell'Intelligenza Artificiale, un alleato fondamentale per affrontare le

continue sfide del settore. Questo connubio tra *Lean* e innovazione tecnologica promette non solo maggiore efficienza, ma anche una profonda trasformazione delle modalità operative e gestionali dell'intero settore. L'Intelligenza Artificiale rappresenta oggi una delle tecnologie più promettenti per rivoluzionare il settore delle costruzioni. La capacità dell'IA di elaborare rapidamente enormi quantità di dati, apprendere dagli stessi e generare previsioni accurate sta consentendo alle imprese del settore delle costruzioni di migliorare significativamente l'efficienza operativa, migliorare la sicurezza sul lavoro e garantire livelli qualitativi con controlli senza precedenti. Sebbene essa copra molteplici ambiti tecnologici, alcuni risultano particolarmente rilevanti nel contesto della *Lean Construction*.

4.4.1 IA × Lean Construction: benefici e applicazioni rilevanti

E, se quanto descritto finora non fosse ancora sufficiente a convincere, o se l'integrazione tra Intelligenza Artificiale e *Lean Construction* possa sembrare promettente unicamente dal punto di vista teorico, in questo paragrafo verranno riportati risultati documentati, tratti da casi studio reali e articoli scientifici. Si tratta di applicazioni pratiche che dimostrano come l'IA, se integrata nei processi *Lean*, non solo semplifichi le attività operative, ma generi anche vantaggi concreti in termini di produttività, qualità, sicurezza e sostenibilità.

Gestione intelligente dei flussi informativi e decisionali

Uno degli ambiti in cui l'Intelligenza Artificiale sta apportando contributi significativi alla *Lean Construction* è la gestione dei flussi informativi e decisionali. I progetti edilizi generano quotidianamente una grande quantità di dati eterogenei: da sensori IoT, sistemi gestionali, documentazione tecnica e attività di cantiere. L'IA permette di integrare queste fonti, elaborare le informazioni in tempo reale e supportare decisioni più rapide e coerenti con i principi *Lean*, riducendo sprechi informativi, colli di bottiglia e tempi morti organizzativi.

Un esempio concreto di applicazione efficace è stato descritto nello studio *Synergies Between Lean Construction and Artificial Intelligence: AI Driven Continuous Improvement Process* (Cisterna et al., 2022), in cui viene analizzato un progetto pilota basato sull'uso dell'IA per migliorare la gestione delle riunioni operative giornaliere (huddle meetings). Il sistema implementato aggregava automaticamente i dati raccolti in cantiere attraverso sensori e strumenti digitali, generando *dashboard* aggiornate in tempo reale con indicatori di prestazioni,

stati di avanzamento e criticità. A supporto delle decisioni, l'IA forniva anche suggerimenti e raccomandazioni operative basate su modelli predittivi e analisi storiche. Questo ha permesso di ridurre sensibilmente i tempi delle riunioni, aumentare il numero di problemi risolti nella stessa giornata e migliorare il coordinamento tra le squadre operative.

Ottimizzazione della gestione dei rifiuti in cantiere

Un ulteriore ambito in cui l'intelligenza artificiale si integra efficacemente con la *Lean Construction* è quello della gestione dei rifiuti nei cantieri. L'accumulo e la mancata separazione dei materiali di scarto rappresentano un ostacolo rilevante per la logistica e per il rispetto dei principi *Lean*. In molte realtà operative, la raccolta differenziata viene effettuata tardivamente e in modo impreciso, riducendo le possibilità di recupero dei materiali e generando un incremento degli impatti ambientali e dei costi associati alla gestione dei rifiuti.

Per rispondere a questa criticità, è stato sviluppato un processo integrato che combina l'approccio *Lean* con strumenti di computer vision. Lo studio *On-Site Waste Management: A Use Case of Lean Construction and Artificial Intelligence Synergy* (Berroir et al., 2023) descrive l'adozione congiunta del metodo 5S, del *Takt Time Planning* e di un sistema basato su intelligenza artificiale per il riconoscimento visivo dei rifiuti. In questo progetto, i contenitori per la raccolta vengono monitorati da telecamere e analizzati da un modello di IA addestrato a rilevare automaticamente la presenza di materiali anomali. Il sistema è in grado di emettere allerte quando rileva un errore nella separazione, riducendo così la necessità di interventi manuali e aumentando l'efficacia del controllo in tempo reale. L'applicazione congiunta tra intelligenza artificiale e strumenti *Lean* ha consentito una netta riduzione dei rifiuti misti, una gestione più ordinata del cantiere e un miglioramento delle prestazioni ambientali. Il sistema ha trasformato la raccolta dei rifiuti in un'attività strutturata e integrata nei flussi produttivi, dimostrando che anche un'attività apparentemente secondaria può generare valore quando supportata da strumenti intelligenti e un approccio *Lean*.

Automazione e intelligenza artificiale nella prefabbricazione

L'automazione dei processi è un tema centrale per rendere la costruzione più efficiente e sicura. Quando entra in gioco anche l'intelligenza artificiale, le possibilità si ampliano: i sistemi possono adattarsi meglio alle condizioni reali, gestire attività ripetitive con più precisione e ridurre gli errori. Questo vale specialmente per il settore della prefabbricazione, dove la

coordinazione tra progettazione e produzione è fondamentale per evitare sprechi e ritardi, capisaldi della filosofia *Lean*.

Un esempio concreto arriva dallo studio *An application of Artificial Intelligence Planner for bespoke precast concrete production planning: a case study* (Benjaoran e Dawood, 2005), in cui è stato sviluppato un sistema chiamato Artificial Intelligence Planner (AIP). Questo strumento, testato in un'azienda inglese, produce elementi prefabbricati in calcestruzzo su misura. L'AIP, grazie a modelli di *machine learning* e algoritmi evolutivi, ha permesso di generare automaticamente un piano di produzione ottimizzato, assegnando in modo intelligente le risorse, rispettando i vincoli e riducendo i tempi morti. Il sistema lavora a partire dai disegni tecnici e dai dati di progetto, scegliendo la sequenza migliore per produrre i pezzi e organizzare il lavoro. Anche in questo caso il connubio tra IA e *Lean* ha portato a una pianificazione più veloce, con meno errori e un uso più equilibrato delle risorse in fabbrica. I tempi di consegna sono migliorati e le attività risultano meglio coordinate, con benefici concreti anche nella fase di montaggio in cantiere.

Controllo qualità e individuazione dei difetti mediante l'intelligenza artificiale

Nel contesto della *Lean Construction*, il controllo qualità rappresenta una leva strategica per prevenire rilavorazioni, ridurre sprechi e garantire la conformità del prodotto finale agli standard di progetto. L'intelligenza artificiale offre oggi strumenti evoluti per affiancare o sostituire le ispezioni tradizionali, spesso manuali e dispendiose, grazie a sistemi capaci di rilevare difetti in modo automatico, continuo e documentato.

Come illustrato all'interno dello studio *Role of ChatGPT and similar generative Artificial Intelligence (AI) in construction industry*, (Rane, 2023) uno degli sviluppi più interessanti riguarda l'integrazione tra modelli IA e tecnologie di visione artificiale. In particolare, vengono impiegati sistemi in grado di analizzare immagini o video provenienti dal cantiere per identificare in tempo reale rotture, deformazioni o errori esecutivi. L'algoritmo segnala le deviazioni rispetto ai parametri previsti e genera *alert* automatici per permettere interventi tempestivi. In parallelo, strumenti come ChatGPT, ben addestrati e personalizzati, vengono utilizzati per assistere il personale tecnico durante le ispezioni, rispondendo a domande sulle normative o supportando l'interpretazione di dati ispettivi, anche in ambienti multilingua o con personale eterogeneo. L'adozione di questi strumenti ha consentito un miglioramento significativo della capacità ispettiva in cantiere. I sistemi intelligenti riescono a individuare

difetti in modo più rapido e affidabile rispetto ai metodi convenzionali, riducendo i tempi di verifica e migliorando la qualità complessiva dell'opera.

Prevenzione dei rischi e supporto predittivo alle decisioni

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi decisionali della *Lean Construction* consente di anticipare criticità e prevenire ritardi grazie all'uso di modelli predittivi. L'analisi di grandi volumi di dati storici relativi a costi, risorse e durata dei lavori consente ai sistemi intelligenti di identificare schemi ricorrenti e prevedere deviazioni rispetto ai piani iniziali, supportando la definizione di strategie correttive in anticipo. Questo approccio si rivela particolarmente utile nei progetti complessi e dinamici, dove il margine per gli errori è minimo.

Come discusso nello studio *Advancing Lean construction through Artificial Intelligence: Enhancing efficiency and sustainability in project management*, (Ajrotutu et al., 2024) l'adozione di strumenti di analisi predittiva consente di migliorare l'adattabilità dei processi alle condizioni reali del cantiere, anche in presenza di variabili inattese. I sistemi IA facilitano la stima precisa dei fabbisogni, l'individuazione delle attività critiche e la riorganizzazione delle risorse in risposta a imprevisti. L'adozione di modelli predittivi basati su IA ha permesso una gestione proattiva dei rischi, una migliore pianificazione e una riduzione delle inefficienze. L'impatto si traduce in decisioni più coscienti, una maggiore puntualità nell'esecuzione e un miglior controllo dei costi, confermando il ruolo dell'IA come strumento strategico.

Alla luce dei benefici e delle applicazioni discusse, emerge tuttavia la necessità di comprendere se e in che misura l'integrazione tra Intelligenza Artificiale e *Lean Construction* sia in grado di incidere sulle principali barriere che ne ostacolano l'adozione in via singola. Nel paragrafo seguente, tali applicazioni vengono quindi analizzate in relazione alle quattro macrocategorie di criticità identificate attraverso il modello C.O.R.A., proposto nel presente lavoro come chiave interpretativa delle resistenze all'implementazione della *Lean Construction*.

4.4.2 IA × Lean Construction: analisi delle barriere C.O.R.A.

Nel paragrafo precedente si è evidenziato come l'integrazione tra Intelligenza Artificiale e *Lean Construction* possa generare benefici significativi in termini di efficienza, qualità, sicurezza e sostenibilità, attraverso applicazioni operative documentate da casi studio reali. Tuttavia,

l'efficacia di tali applicazioni deve essere valutata in relazione alla loro capacità di incidere sulle barriere che, nella pratica, ostacolano l'adozione della *Lean Construction*. In questo contesto, la tabella seguente (Tab.2) propone una lettura sintetica delle sinergie tra Intelligenza Artificiale e *Lean Construction*, mettendole in relazione con le quattro barriere C.O.R.A. (Carenza di competenze specifiche, ostacoli tecnici/economici, resistenze culturali e organizzative, adattabilità degli strumenti *Lean* ai diversi contesti).

L'obiettivo non è valutare il livello di coerenza delle singole applicazioni con i principi della *Lean Construction*, né stilare una classifica delle soluzioni digitali più avanzate, ma analizzare in che misura ciascuno dei cinque diversi casi studio esaminati nel paragrafo precedente contribuisca concretamente a mitigare, o meno, ciascuna delle barriere individuate. Nello specifico, ogni riga corrisponde a un caso studio e, per ciascuna delle quattro dimensioni CORA, viene espresso un giudizio a tre livelli, basato sull'interpretazione dei risultati, dei prerequisiti e dei limiti emersi nei casi analizzati. Ne risulta una matrice di sintesi che consente di visualizzare in modo immediato e intuitivo il ruolo dell'IA come possibile supporto operativo alla *Lean Construction*, e non come soluzione autonoma o risolutiva.

Tabella 2-Matrice CORA per la valutazione delle applicazioni IA × Lean Construction. Produzione propria a partire da: Ajirotutu et al., 2024; Berroir et al., 2023; Benjaoran & Dawood, 2005; Cisterna et al., 2022; Rane, 2023.

Legenda				
<p>✔ = barriera significativamente mitigata (effetto diretto sul processo)</p> <p>● = mitigazione parziale/condizionata (benefici possibili, ma dipendenti da prerequisiti organizzativi/tecnici)</p> <p>✘ = barriera non affrontata (o rischio di accentuazione per complessità/contesto)</p>				
Caso studio	C	O	R	A
	Competenze	Ostacoli tecnici/economici	Resistenze culturali/organizzative	Adattabilità strumenti
Cisterna et al., 2022 (IA per riunioni operative e supporto decisionale)	● Riduce ambiguità decisionale, ma richiede capacità di lettura dei dati.	● Richiede strumenti di gestione dati, ma riduce tempi e criticità.	✔ Rafforza trasparenza e coordinamento quotidiano	● Replicabile, ma dipende da qualità/continuità dei dati.
Berroir et al., 2023 (5S + Takt + computer vision per gestione rifiuti in cantiere)	✔ Riduce errori con alert, non richiede formazione complessa.	● Necessari telecamere, algoritmi; benefici su ordine/logistica e rifiuti	● La tecnologia aiuta a far rispettare lo standard, ma può incontrare resistenze organizzative.	● Fortemente dipendente da normative locali e layout di cantiere,
Benjaoran & Dawood, 2005 (AIP per produzione prefabbricati su misura)	● Automatizza la pianificazione e riduce errori, ma richiede competenze specialistiche (dati/processi).	● Richiede investimenti in sistemi digitali.	✔ Produzione più agevole.	✘ Caso molto specifico: trasferibile solo con forte personalizzazione di vincoli, dati e processi.

Legenda

✔ = barriera significativamente mitigata (effetto diretto sul processo)

● = mitigazione parziale/condizionata (benefici possibili, ma dipendenti da prerequisiti organizzativi/tecnici)

✘ = barriera non affrontata (o rischio di accentuazione per complessità/contesto)

<i>Caso studio</i>	C	O	R	A
	<i>Competenze</i>	<i>Ostacoli tecnici/economici</i>	<i>Resistenze culturali/organizzative</i>	<i>Adattabilità strumenti</i>
Rane, 2023 (Vision per difetti + assistenza durante ispezioni)	✔ Supporta la comprensione e fornisce un secondo parere tecnico, riducendo il gap di competenze nelle ispezioni.	● Richiede flussi di dati strutturati e gestione, ma riduce tempi di verifica e rilavorazioni	● Può generare resistenze legate a controllo e fiducia; più efficace come supporto che come strumento di giudizio.	● Va adattato a standard e norme locali; necessità di dati rappresentativi del contesto.
Ajirotutu et al., 2024 (Analisi predittiva per gestione di rischi e tempi)	● Migliora qualità decisioni, ma richiede competenze nelle routine di pianificazione.	● Dipende dalla qualità dei dati/strumenti, ma l'investimento è compensato da minori scostamenti e rilavorazioni.	✔ Spinge verso gestione proattiva e trasparente.	● I modelli non sono immediatamente applicabili e richiedono calibrazione su progetto.

4.5 Lacune della letteratura, necessità e prospettive di ricerca

Nonostante l'evidente fascino e la promettente diffusione della *Lean Construction*, sarebbe ingenuo pensare che questa metodologia abbia già raggiunto la perfezione e che non vi siano margini significativi per ulteriori miglioramenti. Se fosse davvero così efficace in ogni sua applicazione, probabilmente questo lavoro non sarebbe mai nato. È proprio dall'identificazione di lacune e necessità emergenti che nasce l'obiettivo fondamentale di questo studio: approfondire le criticità esistenti e le opportunità non ancora pienamente esplorate, soprattutto nell'ambito della comparazione tra Italia e Spagna, per favorire un'applicabilità più efficace e mirata della *Lean Construction*.

- Una prima e rilevante lacuna riguarda la limitata disponibilità di analisi comparative tra contesti diversi nazionali. Infatti, la maggior parte degli studi esistenti tende a generalizzare l'efficacia della *Lean Construction* senza considerare in modo adeguato le barriere C.O.R.A. (descritte al paragrafo 4.3) dei Paesi oggetti di studio. Questo aspetto fondamentale sarà trattato nei capitoli successivi, dedicati ad un'analisi e una comparazione più accurata, anche attraverso interviste e indagini dirette, della realtà pratica e operativa di Italia e Spagna.
- In secondo luogo, nonostante la presenza di interessanti studi esplorativi sulla sinergia tra *Lean Construction* e Intelligenza Artificiale, questa integrazione è ancora agli stadi iniziali e merita certamente ulteriori sviluppi. L'applicazione di strumenti predittivi e algoritmi di *machine learning* rappresenta un campo con ampi margini di crescita.
- Un ulteriore aspetto che emerge chiaramente come lacuna è l'insufficiente integrazione delle strategie di sostenibilità ambientale alla metodologia *Lean*. Sebbene alcuni studi abbiano iniziato ad esplorare come la filosofia *Lean* possa naturalmente supportare obiettivi ambientali, attraverso la riduzione degli sprechi, l'ottimizzazione dei flussi di lavoro e l'utilizzo efficiente delle risorse, manca ancora una visione sistematica e pienamente integrata. In particolare, sarebbe necessario esplorare in modo più approfondito come strumenti specifici della *Lean Construction*, possano essere applicati concretamente per ottenere benefici ambientali misurabili. Infine, è essenziale affrontare il tema della resistenza al cambiamento e della formazione inadeguata che spesso ostacola l'adozione

efficace della *Lean Construction*. Questo problema necessita di soluzioni pratiche e strumenti educativi concreti che saranno esplorati nei capitoli successivi anche grazie ad esempi reali provenienti da imprese e professionisti coinvolti direttamente nell'applicazione della metodologia.

In conclusione, sebbene la *Lean Construction* presenti vantaggi significativi e promettenti, è evidente rimangano ancora molti ostacoli da superare per sfruttarne appieno il potenziale. I prossimi capitoli affronteranno specificamente queste criticità, attraverso una raccolta di dati e testimonianze dirette, con l'obiettivo di offrire soluzioni operative concrete e contestualizzate che favoriscano l'efficacia e la sostenibilità della *Lean Construction* nei due Paesi oggetto dello studio.

5.

indagine empirica:
raccolta dati

5.1 Premessa, metodologia e obiettivi dell'indagine

Nel capitolo precedente è stato definito il quadro teorico della *Lean Construction*, con particolare attenzione ai principi, agli strumenti operativi e alle principali barriere che ne ostacolano l'adozione nei diversi contesti. Al fine di confrontare tali evidenze con la realtà applicativa e comprendere come la *Lean Construction* venga effettivamente interpretata e implementata nel settore, il presente capitolo introduce l'indagine empirica svolta nel contesto di Italia e Spagna. In quest'ottica, si è scelto di sviluppare un'indagine esplorativa condotta attraverso la somministrazione di un questionario online, rivolto a un campione eterogeneo di imprese italiane e spagnole operanti nel settore. I questionari sono stati inviati tra Febbraio e Dicembre 2025, tramite email, a imprese operanti nel settore costruzioni e a contatti accademici presso le due università di riferimento, con l'obiettivo di raccogliere informazioni sul grado di diffusione delle pratiche *Lean*, sugli strumenti maggiormente utilizzati, sui benefici percepiti e sulle criticità ricorrenti. La scelta di un campione eterogeneo non è casuale: includere imprese con dimensioni, obiettivi e specializzazioni in diversi contesti, permette di mettere a confronto modalità operative e livelli di maturità differenti, evidenziando non soltanto le pratiche più consolidate ma anche le barriere contestuali e le possibili condizioni di trasferibilità degli strumenti *Lean*. Questo approccio consente dunque di cogliere la variabilità delle esperienze reali e di individuare tendenze e vincoli che sarebbero difficilmente rilevabili con un campione omogeneo ed eccessivamente ristretto.

L'obiettivo della presente indagine non è quello di costruire una statistica rappresentativa in senso stretto, quanto piuttosto di raccogliere una serie di testimonianze dirette capaci di restituire una visione concreta e, in alcuni casi, prevedibilmente divergente delle modalità con cui la *Lean* viene interpretata, adottata e adattata ai diversi contesti organizzativi. L'indagine nasce dunque dal desiderio di integrare questa realtà, spesso troppo "concettuale", con una parentesi di osservazione empirica, in grado di fornire spunti critici e riflessioni operative. Le domande proposte, e successivamente discusse nel questionario, mirano a far emergere non soltanto il grado di adozione delle pratiche *Lean*, ma anche le motivazioni, gli strumenti e le difficoltà incontrate nel processo di implementazione, insieme ai benefici, ai risultati e alle prospettive future individuate dalle imprese interpellate. Inoltre, al fine di arricchire l'indagine e approfondire alcuni aspetti emersi in fase di raccolta, è stata condotta un'intervista

particolarmente interessante e di rilievo. Questo contributo, per importanza e profondità delle risposte ottenute, sarà presentato come caso studio esemplificativo, offrendo un punto di vista “privilegiato” sull’applicazione della filosofia *Lean* in un contesto reale, da parte di chi ha scelto consapevolmente di abbracciare questa filosofia come leva strategica di miglioramento. In sintesi, l’indagine si propone di offrire una lettura capace di restituire una visione concreta delle tendenze emerse. Tuttavia, i risultati che verranno illustrati di seguito non devono essere interpretati come valori assoluti, bensì come indicatori, utili a comprendere la traiettoria evolutiva che le imprese (nei due Paesi oggetto di studio) sembrano intraprendere nel loro percorso verso una maggiore efficienza e/o competitività.

5.2 Struttura e descrizione del questionario

L’indagine è stata condotta attraverso la somministrazione di un questionario online rivolto a un gruppo di imprese italiane e spagnole operanti nel settore delle costruzioni. Lo strumento, realizzato tramite Microsoft Forms (Figura 23), è stato concepito con l’obiettivo di raccogliere informazioni mirate a valutare il livello di conoscenza, diffusione e applicazione dei principi della *Lean Construction*, nonché le percezioni legate ai benefici, alle difficoltà e alle prospettive future del suo impiego.

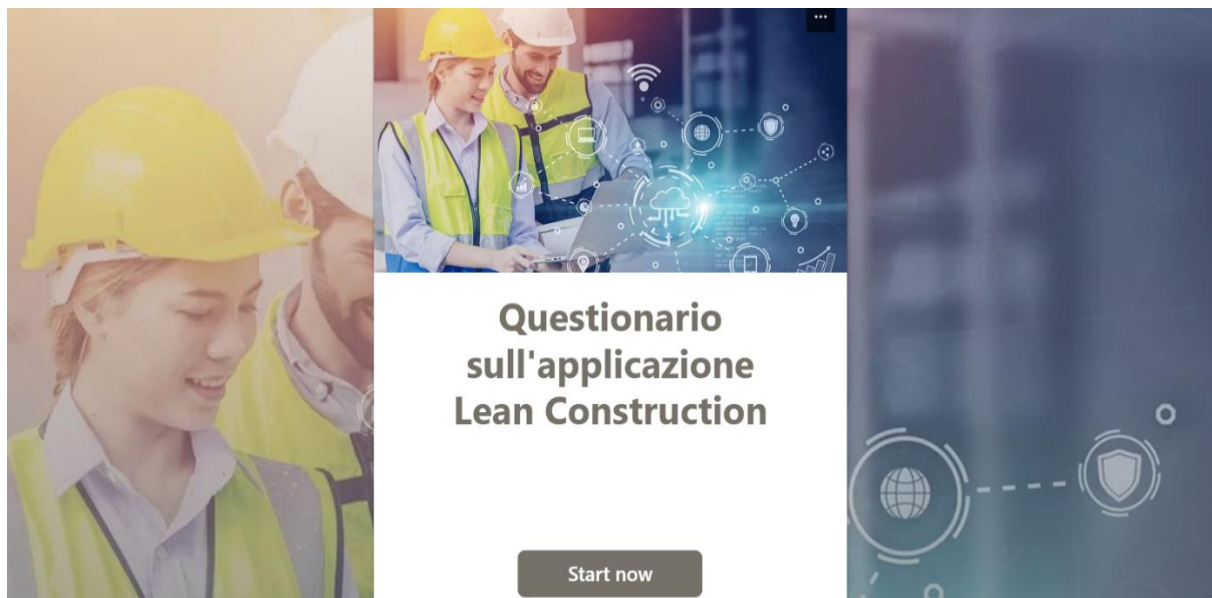


Figura 23 – Questionario sull’applicazione Lean Construction, Produzione propria.

Il questionario, di breve compilazione, è stato strutturato in modo da guidare progressivamente il rispondente attraverso differenti livelli di approfondimento con una logica sequenziale. Nel suo insieme, comprende 18 domande, organizzate in tre sezioni principali, così articolate:

- Sezione 1: Domande introduttive e di inquadramento generale, finalizzate a raccogliere informazioni sul profilo dell'impresa. Questa sezione include una domanda bivio, che determina la prosecuzione del questionario su due percorsi differenti.
- Sezione 2: Percorso dedicato alle imprese non adottanti, volto a individuare i motivi della mancata applicazione, le difficoltà percepite e l'interesse verso un'eventuale adozione futura.
- Sezione 3: Percorso riservato alle imprese adottanti, finalizzato a esplorare le modalità di applicazione, gli strumenti utilizzati e i benefici o le criticità riscontrate. Questa sezione si conclude con una domanda aperta, che raccoglie riflessioni e suggerimenti personali sull'adattamento della metodologia *Lean* al contesto nazionale.

Di seguito vengono illustrate in modo più dettagliato le domande, contenute in ogni sezione e proposte ai partecipanti, corredate da brevi commenti che ne giustificano obiettivi e logica.

Sezione 1-Dati generali e inquadramento del campione (Domande 1-4)

Obiettivo: Raccogliere informazioni di base e individuare il grado di familiarità con la metodologia *Lean Construction*. Questa sezione consente di inquadrare il profilo delle imprese e rappresenta la base logica su cui si costruiscono i percorsi successivi.

Domande:

1. Nome dell'impresa/ente
2. Paese in cui opera principalmente (Italia-Spagna-Entrambi-Altro)
3. Dimensione dell'impresa (Piccola < 50 dipendenti / Media 51–250 / Grande > 250)
→ *Fornisce un'indicazione utile per correlare la dimensione aziendale con la propensione all'adozione di metodologie Lean.*
4. La sua impresa ha mai applicato pratiche Lean Construction? (Sì / No)

→ *Domanda cruciale che funge da punto di biforcazione logica del questionario: le imprese che rispondono “Sì” accedono alla parte successiva dedicata all’analisi delle esperienze di applicazione (Sezione 3), mentre chi risponde “No” viene indirizzato a un percorso più breve (Sezione 2) focalizzato sulle motivazioni della mancata adozione.*

Questa prima sezione permette di delineare il profilo delle imprese, comprendere il contesto di riferimento e stabilire un primo livello di segmentazione tra chi conosce e utilizza la *Lean Construction* e chi, invece, non ne ha ancora fatto esperienza diretta.

Sezione 2-Imprese non adottanti (Domande 5-7)

Obiettivo: comprendere le cause che ostacolano la diffusione della *Lean Construction* e rilevare eventuali aperture verso un’adozione futura.

Domande:

5. Quale ritiene sia il principale motivo per cui non ha adottato pratiche Lean Construction nella sua attività professionale? (Scelta multipla: mancanza di formazione o conoscenze tecniche, difficoltà operative, percezione di benefici insufficienti, priorità ad altri aspetti, altro)

→ *Indaga gli ostacoli principali, distinguendo tra barriere culturali, organizzative o economiche.*

6. Avete intenzione di adottare pratiche Lean in futuro? (Sì / No / Non lo so)

→ *Misura il livello di interesse potenziale o disponibilità al cambiamento.*

7. Secondo la sua esperienza, quali aspetti della metodologia Lean Construction necessitano di maggiore sviluppo o adattamento per rispondere meglio alla realtà operativa del suo Paese? (Risposta aperta)

→ *Permette di raccogliere opinioni qualitative sui limiti percepiti del modello Lean rispetto al contesto nazionale.*

Questa sezione rappresenta la sezione conclusiva per i non adottanti. Le domande mirano a far emergere le barriere alla diffusione della *Lean Construction* e allo stesso tempo, offrono spunti per comprendere le condizioni necessarie affinché un’impresa possa intraprendere un percorso di trasformazione *Lean* in futuro.

Sezione 3-Imprese adottanti (Domande 8-18)

Obiettivo: approfondire le modalità, le motivazioni e gli effetti dell'applicazione della *Lean Construction* nelle imprese che la utilizzano.

Domande:

8. Da quanti anni applicate pratiche Lean Construction? (<1 / 1-3 / 3-5 / >5 anni)
→ *Stima la maturità temporale delle esperienze Lean.*
9. In che tipo di progetti applicate pratiche Lean? (Progetti complessi / con scadenze strette / in ogni tipo di progetto / solo su richiesta del committente / altro)
→ *Individua il campo d'applicazione e il livello di sistematicità.*
10. Qual è stata la motivazione principale che l'ha portata a adottare pratiche Lean? (Efficienza e riduzione sprechi / richiesta del committente / competitività del settore / visione innovativa / altro)
→ *Analizza le leve strategiche che hanno guidato l'adozione.*
11. Quali strumenti o metodologie Lean utilizzate regolarmente? (Last Planner System, Value Stream Mapping, Just-in-Time, Kanban, 5S, Takt Time, IPD, Altro)
→ *Raccoglie dati sugli strumenti operativi più diffusi nei processi di implementazione.*
12. Nei casi di successo, qual è stato il beneficio principale che si voleva ottenere? (Riduzione tempi / Miglior coordinamento / Minimizzazione sprechi / Aumento produttività / Soddisfazione committente / Altro)
→ *Evidenzia gli obiettivi e i risultati percepiti.*
13. Con quale frequenza l'applicazione di pratiche Lean non ha prodotto benefici percepibili o risultati concreti? (Mai / In casi puntuali / Con una certa regolarità / Spesso)
→ *Fornisce un'indicazione sulla variabilità di efficacia delle pratiche adottate.*
14. Se lo desidera, indichi brevemente i motivi. (Risposta aperta)
→ *Approfondisce qualitativamente le cause di insuccesso o le difficoltà operative.*

15. Avete integrato l'intelligenza artificiale nei processi Lean? (Sì / No)

→ *Indaga il grado di digitalizzazione e innovazione tecnologica.*

16. Che risultati avete ottenuto integrando l'intelligenza artificiale nei processi Lean?
(Nessuno / Pochi / Sufficienti / Più del previsto)

→ *Valuta l'efficacia percepita dell'integrazione digitale.*

17. Quali competenze o formazione ritenete fondamentali per l'applicazione di pratiche Lean? (Esperienza in gestione progetti / Conoscenze sulla metodologia Lean / Leadership / Competenze digitali / Problem solving / Altro)

→ *Identifica le aree di competenza prioritarie per consolidare l'approccio Lean.*

18. Secondo la sua esperienza, quali aspetti della metodologia Lean Construction ritiene che dovrebbero essere sviluppati o meglio adattati alla realtà operativa del suo Paese?
(Domanda finale, Risposta aperta)

→ *La domanda conclusiva ha funzione di chiusura e riflessione. Il suo scopo è quello di raccogliere considerazioni libere e proposte di miglioramento, favorendo una comprensione più ampia del grado di consapevolezza e delle esigenze del settore nei due contesti nazionali. Le risposte fornite rappresentano un contributo qualitativo prezioso, utile per orientare la lettura critica dei risultati e per definire possibili linee evolutive del modello Lean.*

Questa sezione costituisce il nucleo analitico dell'indagine, da cui emergeranno i dati più rilevanti. Le domande sono disposte in ordine logico: dall'esperienza, alle motivazioni e gli strumenti, fino ai risultati e alle competenze. Ciò consente di costruire una visione coerente del livello di maturità *Lean* e di individuare i principali fattori di successo o criticità che influenzano l'implementazione.

5.3 Intervista sulla Lean Construction: l'esperienza di ARPADA

A complemento dell'analisi dei questionari, in questo paragrafo viene presentata in forma integrale un'intervista condotta con una realtà particolarmente significativa nel panorama delle costruzioni e dell'innovazione: ARPADA, impresa con sede a Madrid operante nel settore edile. (Figura 24)



Figura 24-Gruppo Arpada (ARPADA)

ARPADA è un gruppo aziendale consolidato, con oltre 50 anni di esperienza, che si distingue per un approccio orientato alla qualità, alla collaborazione e alla sostenibilità nelle attività di progettazione ed esecuzione delle opere. L'intervista è stata realizzata con Celia Esteban, Directora I+D+i Sostenible de ARPADA, figura con responsabilità strategiche nei processi di innovazione, sostenibilità e miglioramento continuo. L'obiettivo principale dell'intervista è di integrare e arricchire i dati raccolti attraverso il questionario, offrendo un punto di vista esperto e operativo sulle dinamiche di implementazione della *Lean Construction* in un contesto reale. Tale prospettiva conferisce valore aggiunto alla ricerca, poiché consente di comprendere le barriere percepite e le strategie effettivamente adottate per promuovere processi *Lean* all'interno di un contesto reale. Di seguito vengono riportati i principali estratti dell'intervista.

Inizio intervista

Sebastiano C.

“Ciao Celia, piacere, sono Sebastiano.”

Celia E.

“Piacere Sebastiano. [...]”

Sebastiano C.

“Mi ha colpito molto il percorso di Arpada e il vostro coinvolgimento in temi come sostenibilità e innovazione.

[...] Per queste ragioni il tuo contributo è molto rilevante per la mia tesi.”

Celia E.

“Grazie. Inoltre, collaboriamo dal 2006 con la **Escuela de Edificación** dell’Università Politecnica di Madrid (Escuela Técnica Superior de Edificación). Abbiamo un ottimo rapporto e contatti molto validi. [...]”

Sulla formazione e gli strumenti

Sebastiano C.

“Se vuoi, possiamo iniziare con le domande. Per cominciare, mi piacerebbe sapere la tua opinione sull’importanza di avere personale formato sulle tematiche Lean e su quanto consideri importante che i dipendenti conoscano la filosofia e sappiano applicarne gli strumenti.”

Celia E.

“Devo dire che abbiamo individuato 15 metodologie di Lean construction, quindi è difficile che le persone, in un’azienda, conoscano tutte e 15 le metodologie. Ovviamente è importante che, se l’azienda decide di implementarne una, le persone coinvolte la conoscano, per poterla utilizzare, e che ne siano convinte. Però il Lean construction è molto ampio, comprende molte cose ed è tutto orientato al miglioramento continuo.”

Sebastiano C.

“Per esempio, quali strategie ritieni siano state utili per far sì che il personale applicasse questi concetti? Oppure, se hai applicato alcune strategie, quali sono state le principali difficoltà o barriere che hai incontrato, sia a livello di risorse sia a livello culturale?”

Celia E.

“Principalmemente è importante che la gente veda e non si spaventi. Quando arrivi dicendo “faremo Lean construction”, che viene dal Lean manufacturing, la gente si prende paura e dice: “Oddio, un’altra complicazione in mezzo a tutto il caos della giornata”. Bisogna andare piano, senza spaventare le persone, magari senza nemmeno dire che è Lean construction. Per esempio: “Perché questo processo non lo facciamo così? Perché non facciamo una bacheca e lo rendiamo visivo?”. Così si può conoscere il processo e vedere l’avanzamento e poi saranno loro

che lo provano e diranno: “Mi piace, mi fa risparmiare tempo, sono più efficiente”. E tutto scorre. L’importante è non spaventare la gente con parole giapponesi.

Sebastiano C.

“Certo, capisco. Pensi che l’investimento in questa formazione possa portare benefici percepibili nel breve periodo, nel medio periodo, nel lungo periodo o mai? Qual è la tua esperienza?”

Celia E.

“Direi più nel medio-lungo periodo. Sì, perché queste metodologie sono qui per restare. Non è che implemento qualcosa e poi me ne vado: bisogna mantenerlo nel tempo. Man mano che le persone lo vedono e lo usano, i benefici arrivano. Inoltre, nel nostro caso, i lavori in cantiere che realizziamo durano mediamente 18 mesi. Le nuove implementazioni funzionano meglio se iniziano prima che il cantiere parta. In quel momento si lavora con tutto il team e si dice: “In questo progetto utilizzeremo, per esempio, Last Planner System”. Non si può implementare Last Planner System quando il cantiere è già avviato da sei mesi: bisogna partire dall’inizio. È seguendo tutto il processo, tornando più volte sul campo, che alla fine si vedono i benefici. Quindi direi chiaramente medio-lungo periodo. Inoltre, operiamo principalmente nel settore residenziale delle costruzioni e con clienti privati. Non facciamo opere pubbliche. Penso che, in linea generale, dipenda molto dal tipo di attività dell’azienda. Per esempio, se parliamo di IPD, cioè di progetti collaborativi, non possiamo farli se il committente non vuole collaborare.”

Sebastiano C.

“Certo.”

Celia E.

“Che sia privato o pubblico non fa differenza: il committente deve essere convinto che funzioni e che sia positivo per lo sviluppo del progetto. Noi, per esempio, se il committente non vuole, avviamo un progetto collaborativo interno in cui tutti i reparti partecipano per migliorare il progetto ricevuto. Però l’ideale è che l’iniziativa parta dal committente.”

Sebastiano C.

“Chiaro. Ultima domanda su questo tema, chiaramente in base alla tua esperienza. Se un’impresa volesse iniziare a introdurre queste pratiche partendo da zero, da quali strumenti consiglieresti di iniziare? Pensi che esista un ordine o una sequenza che faciliti l’implementazione, oppure no?”

Celia E.

“No, secondo me non esiste un ordine preciso. Il consiglio che darei è di iniziare dagli strumenti più semplici. Ogni strumento serve a qualcosa di specifico, quindi non è questione di dire “inizia da qui” o “inizia da là”. Nel settore delle costruzioni, ciò di cui si parla di più sono il progetto collaborativo (IPD) e Last Planner System. Ma sembra che, se fai Last Planner System, allora fai *Lean* e non serve altro. Ma no, è solo una delle tante metodologie. Si può iniziare dal Last Planner System, certo. È però uno strumento più complesso e probabilmente serve un supporto esterno, una società che ti aiuti a implementarlo e a seguirlo. Io forse inizierei da strumenti più semplici, che non richiedono tanto supporto e che hanno un obiettivo molto concreto. Poi ogni strumento produce un

risultato diverso. Non è che ne prendi uno o l'altro e basta, ma spesso si usano più strumenti insieme per cose diverse.”

Sebastiano C.

“Sì, sì. Credo che alla fine quello che intendi dire è che l'importante è iniziare a lavorare sulla mentalità e che gli strumenti siano una conseguenza.”

Celia E.

“Esatto. E quella mentalità è voler fare miglioramento continuo, che è una filosofia, una cultura aziendale. Le persone devono esserne convinte e poi, per raggiungerlo, si usano gli strumenti.”

Sugli ostacoli alla diffusione Lean Construction

Sebastiano C.

“È vero, e mi piacerebbe capire meglio quali fattori possano favorire o ostacolare la diffusione di queste metodologie. Quali sono, a tuo avviso, i principali ostacoli che limitano un'adozione più ampia di questa filosofia nel settore?”

Celia E.

“Direi la mancanza di conoscenza e la mancanza di interesse. Questa è la prima barriera. La seconda è di tipo economico. Se per implementare uno strumento serve l'aiuto di una società esterna che ti formi e ti segua, questo ha un costo. La terza è il tempo. Le persone pensano di perdere tempo all'inizio, senza rendersi conto che poi quel può essere recuperato.”

Sebastiano C.

“Quindi più che il tempo in sé, la mancanza di una visione di miglioramento continuo e di miglioramento a medio-lungo termine.”

Celia E.

“Sì, esatto.”

Sebastiano C.

“Pensi che le amministrazioni pubbliche o i committenti possano avere un ruolo più attivo per favorire questa filosofia? E in che modo?”

Celia E.

“In parte sì. La metodologia dovrebbe nascere dall'interno dell'azienda, dalla sua cultura. Ma se questo non accade, può essere utile che il committente, sia esso pubblico o privato, promuova l'uso di una metodologia in un progetto specifico. Per esempio, stabilendo che un contratto sia con progetto collaborativo. Oppure includendo l'obbligo di utilizzare determinate pratiche direttamente nel contratto, come condizione per l'aggiudicazione di un'opera. Questo può aiutare, ma la spinta principale dovrebbe sempre partire dall'azienda stessa.”

Sebastiano C.

“Ok. Ultimissima domanda: se dovessi dare un consiglio a un amico o a una piccola impresa che sta pensando di introdurre la Lean Construction poco a poco, perché vuole innovarsi, cosa suggeriresti?”

Celia E.

“Direi innanzitutto di informarsi. Esistono molte pubblicazioni. Se non hanno contatti diretti con qualcuno che possa spiegare loro in modo chiaro di cosa si tratta, allora che cerchino informazioni. Pubblicazioni, persone, aziende. Informarsi è il primo passo.”

Sebastiano C.

“Quindi prima di tutto informazione.”

Celia E.

“Esatto, prima informazione. Anche con il **Clúster de la Edificación** abbiamo prodotto diversi materiali molto validi: vale la pena leggerli. E una volta che lo hai letto e ti sei informato, dici: “Ah, questo mi interessa”. Cioè, questa metodologia o questo strumento ci può aiutare e quindi si va più a fondo su quell’aspetto specifico. Ma sì, prima di tutto informazione. Cercare informazioni su cosa sia. E, una volta presa la decisione, cercare una formazione su come utilizzarlo. Oppure, se non si ricorre a un supporto esterno, può esserci una persona all’interno dell’azienda, per esempio qualcuno in un reparto, una persona che se ne occupi. In una piccola impresa, se davvero c’è interesse, può essere una persona del team. Non serve che sia una figura esclusiva. Una persona che lo studi, lo approfondisca e poi lo promuova internamente.”

Sull’intelligenza artificiale

Sebastiano C.

“Ok, perfetto. Mi sembra molto chiaro. E, per esempio, cosa ne pensi dell’intelligenza artificiale? Non te l’ho chiesto prima, ma nella mia tesi una parte è dedicata proprio a come alcune tecnologie possano essere integrate con l’intelligenza artificiale. Oggi mi sembra necessario integrarla dove possibile.”

Celia E.

“Sì, certo. Io penso che in realtà utilizziamo l’intelligenza artificiale da molto tempo. La differenza è che oggi ha fatto un enorme passo avanti. In Arpada utilizziamo ChatGPT accessibile a tutti i dipendenti. All’inizio c’era molta paura. Poi però iniziò a usarla e capisci che è un aiuto che ti fa risparmiare molto tempo in determinate attività. Per me è un assistente molto utile. Dopo questo primo passo, siamo passati a crearne altri assistenti, per esempio dedicati alla legislazione, per consultazioni interne, basati solo sulla documentazione che carichiamo noi. Ora siamo a un terzo livello: cerchiamo di caricare documenti di un progetto e una serie di parametri storici come base di dati, così che il sistema possa stimare, in fase preliminare, il costo di esecuzione di un’opera in base alla nostra esperienza. Stiamo lavorando su questo, sviluppando soluzioni sempre più personalizzate e adattate al nostro modo di operare.”

Sebastiano C.

“È fantastico quello che fate. E comunque le novità spaventano sempre, no? Questo succede, credo, fin

dall'inizio dell'umanità. Alla fine, il mondo si divide sempre in due: da una parte c'è chi perde il lavoro perché non ha voluto adattarsi all'innovazione, dall'altra chi invece lavora grazie ad essa. [...]

Fine intervista

Sebastiano C.

Ti ringrazio infinitamente per il tuo aiuto e per la tua partecipazione.”

Celia E.

“Altrettanto, in bocca al lupo per la tua tesi.”

6.

analisi dei dati

Premessa

Il presente capitolo è dedicato all'analisi dei risultati emersi dall'indagine empirica condotta attraverso la somministrazione di un questionario e la realizzazione di un'intervista.

In una prima fase, il capitolo si concentra sull'analisi dei dati raccolti tramite il questionario, mediante l'elaborazione di grafici e schemi finalizzati a rappresentare in modo oggettivo le principali evidenze emerse. Tale analisi si limita a una lettura dei dati, senza introdurre valutazioni interpretative o considerazioni critiche. Successivamente, i risultati del questionario saranno oggetto di una prima riflessione critica, articolata in base alle diverse tipologie di imprese coinvolte e al contesto geografico di riferimento.

Analogamente all'analisi del questionario, nella parte finale del capitolo, l'attenzione si sposta sull'analisi dell'intervista, dapprima attraverso una lettura strutturata dei contenuti emersi e, in seguito, mediante alcune considerazioni di sintesi, con l'obiettivo di mettere in relazione le evidenze qualitative con i risultati del questionario.

6.1 Analisi dei dati: Questionario

Il presente paragrafo analizza i dati raccolti attraverso il questionario. L'analisi è condotta secondo un approccio esclusivamente descrittivo e oggettivo, finalizzato a rappresentare in modo sintetico le principali evidenze emerse. Per una descrizione dettagliata della struttura e dei contenuti del questionario si rimanda al Capitolo 5. Al fine di garantire una lettura ordinata e coerente dei risultati, il paragrafo è articolato in tre sezioni principali, corrispondenti alla struttura del questionario: una prima sezione dedicata ai dati generali e all'inquadramento del campione, una seconda focalizzata sulle imprese che non adottano pratiche *Lean Construction* e una terza rivolta alle imprese che dichiarano di aver adottato tali pratiche. Per ciascuna sezione, i risultati vengono presentati mediante grafici e schemi, accompagnati da una descrizione dei dati emersi, rimandando ogni considerazione interpretativa al paragrafo successivo.

In totale, sono state interpellate cento imprese/enti, cinquanta per Paese. Sono pervenute 18 risposte valide su 100 (il 18%). Nello specifico; dall'Italia 8 risposte valide su 50 (il 16%), mentre dalla Spagna 10 risposte valide su 50 (il 20%). (Figura 25)

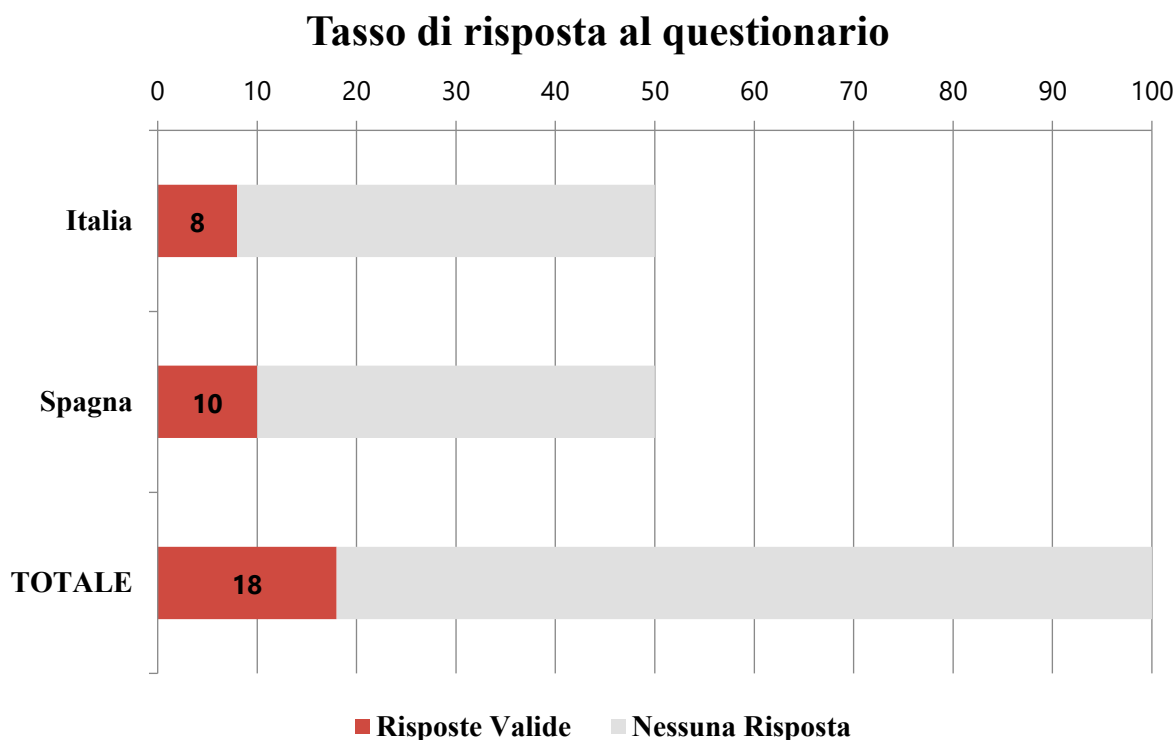


Figura 25-Tasso di risposta al questionario suddiviso per Paese e totale complessivo, produzione propria.

Sebbene il numero di risposte sia inferiore rispetto alle aspettative iniziali, questo esito può già costituire un'indicazione del livello di interesse e di priorità attribuito al tema della *Lean Construction* nel contesto reale. Tali risultati, pur con un campione limitato, consentono tuttavia di individuare tendenze informative e aspetti significativi di interpretazione e applicazione delle pratiche *Lean* nei due Paesi di analisi. Si ringraziano sentitamente tutti i soggetti che hanno dedicato alcuni minuti del proprio tempo per rispondere alle domande, contribuendo così in maniera concreta allo sviluppo della ricerca.

Sezione 1-Dati generali e inquadramento del campione (Domande 1-4)

La presente sezione è dedicata all'inquadramento generale del campione, sulla base delle prime domande del questionario. Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento per la lettura dei risultati presentati nelle sezioni successive.

1-Nome dell'impresa/ente:

Italia

- *Buonconsiglio Ing. Salvatore;*
- *Am Engineering S.r.l.;*
- *Bellora S.a.s.;*
- *F.lli Cagliari S.r.l.;*
- *Mattioda Pierino & Figli S.p.A.;*
- *ICD S.p.A.;*
- *AI Engineering;*
- *Impresa 1.*

Spagna

- *Alza Obras y Servicios;*
- *INECO;*
- *Universidad Politécnica de Madrid;*
- *ARPADA;*
- *COANFI;*
- *Impresa 2;*
- *Impresa 3;*
- *ALLSTONE Reañ Estate Sourcing;*
- *Tragsatec;*
- *EFFICIO Arquitectura Técnica SLP.*

Alcuni partecipanti hanno scelto di non indicare il nome della propria impresa, identificandosi genericamente come *Impresa 1*, *Impresa 2* e *Impresa 3*. Tale scelta, pur mantenendo l'anonimato, non ha precluso la volontà di contribuire attivamente alla ricerca. L'elenco delle imprese viene riportato esclusivamente a titolo informativo e al fine di fornire un quadro generale dei soggetti coinvolti. Per motivi di riservatezza e tutela della privacy, a partire dalle analisi successive le risposte non saranno in alcun modo riconducibili al nome della singola impresa o ente partecipante, ma verranno trattate esclusivamente in forma aggregata.

2-Paese in cui opera principalmente:

Domanda necessaria a capire se il contesto geografico di appartenenza fosse lo stesso di quello in cui si opera principalmente. Corrispondenza totale. (Figura 26)

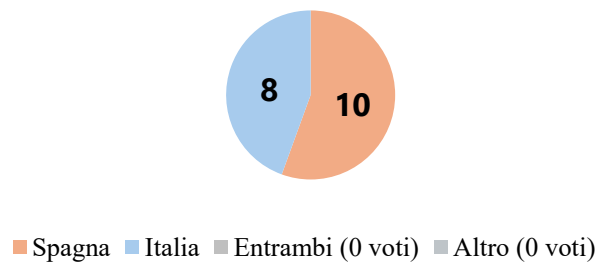


Figura 26 - Paese in cui si opera, produzione propria.

3-Dimensione dell'impresa:

Fornisce un'indicazione utile per correlare la dimensione aziendale con la propensione all'adozione di metodologie Lean. (Figura 27)

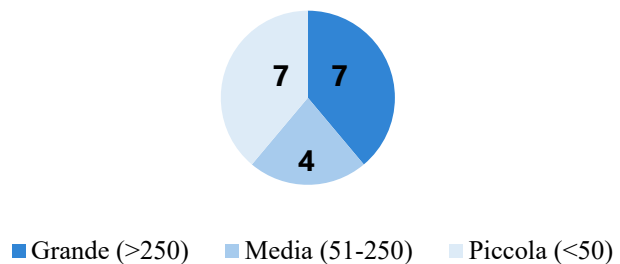


Figura 27 - Dimensione impresa, produzione propria.

4-La sua impresa ha mai applicato pratiche Lean Construction?

La domanda 4 consente di distinguere il campione tra chi ha già adottato pratiche Lean Construction e imprese che non le hanno adottate. Su un totale di 18 rispondenti, solo 7 dichiarano una risposta positiva, 3 per l'Italia e 4 per la Spagna, quindi meno della metà per Paese. (Figura 28)

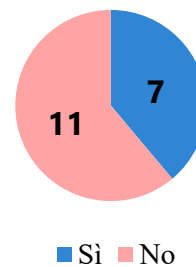


Figura 28 - Adozione Lean, produzione propria.

Sezione 2-Imprese non adottanti (Domande 5-7)

La presente sezione è dedicata all'analisi delle imprese che non adottano pratiche Lean Construction. Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento per la lettura dei fattori che ostacolano la diffusione della metodologia e delle prospettive di una possibile adozione futura.

5-Quale ritiene sia il principale motivo per cui non ha adottato pratiche *Lean Construction* nella sua attività professionale?

Il grafico (Figura 29) rappresenta la distribuzione delle risposte alla domanda relativa ai principali motivi di mancata adozione delle pratiche di Lean Construction, per la quale era consentita la selezione di più opzioni. Dal campione analizzato emerge che la motivazione più frequentemente indicata è la mancanza di formazione o conoscenze tecniche, seguita dalle difficoltà di integrazione della metodologia nell'operatività quotidiana e da priorità ad altri aspetti più urgenti. Al contrario, risulta marginale la percezione che i benefici non compensino lo sforzo iniziale, indicata solo in un caso.

- Mancanza di formazione o conoscenze tecniche
- Difficoltà a integrarla nell'operatività quotidiana
- Priorità ad altri aspetti più urgenti
- Percezione che i benefici non compensino lo sforzo iniziale

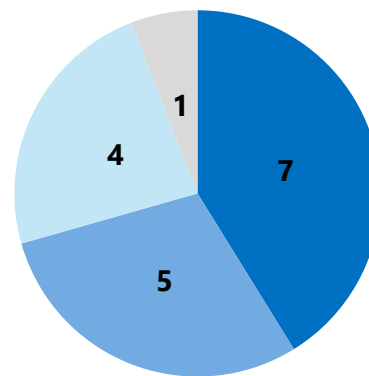


Figura 29 – Ragioni di mancata adozione, produzione propria.

6-Avete intenzione di adottare pratiche Lean in futuro?

A fronte di 4 risposte affermative e 7 risposte di incertezza, l'assenza di risposte "No" evidenzia una possibile apertura verso una potenziale adozione futura. (Figura 30)

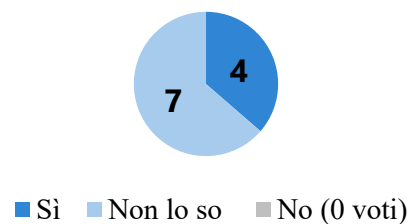


Figura 30 – Intenzioni future, produzione propria.

7-Secondo la sua esperienza, quali aspetti della metodologia *Lean Construction* necessitano di maggiore sviluppo o adattamento per rispondere meglio alla realtà operativa del suo Paese?

In relazione alla domanda aperta sugli aspetti della metodologia Lean Construction che necessitano di maggiore sviluppo o adattamento alla realtà operativa del proprio Paese, le risposte fornite possono essere ricondotte ai seguenti quattro ambiti principali:

- Collaborazione e coinvolgimento degli attori, con riferimento alla necessità di una maggiore integrazione e partecipazione di tutti i soggetti coinvolti nei processi;
- Pianificazione dei lavori, in particolare in relazione alla riduzione di tempi e costi e al miglioramento dell'efficienza operativa;
- Adattamento culturale, formazione continua e integrazione digitale, indicati come elementi utili a favorire una più efficace applicazione della metodologia;
- Incapacità di valutazione, riconducibile a risposte che esprimono incertezza o impossibilità di fornire un contributo specifico.

Nel complesso, la maggior parte delle risposte rientra nell'ultimo ambito, evidenziando una difficoltà diffusa nell'esprimere una valutazione sugli aspetti di adattamento della metodologia. Tale risultato risulta coerente con quanto emerso dalla domanda 5, nella quale la mancanza di formazione o di conoscenze tecniche è stata indicata come principale motivo di mancata adozione delle pratiche Lean Construction.

Sezione 3-Imprese adottanti (Domande 8-18)

La presente sezione è dedicata all'analisi delle imprese che dichiarano di aver adottato pratiche di Lean Construction. Le informazioni raccolte costituiscono il riferimento per la lettura delle modalità di applicazione della metodologia, degli strumenti utilizzati e dei principali benefici e criticità riscontrati nell'esperienza operativa.

8-Da quanti anni applicate pratiche Lean Construction?

Il grafico evidenzia come la maggior parte delle imprese dichiarino un'esperienza pluriennale, in prevalenza superiore ai cinque anni; ciò suggerisce che le imprese che si sono avvicinate alla metodologia nel tempo tendono a mantenerne l'applicazione, proseguendo nel suo utilizzo una volta avviata. Pur trattandosi di un campione contenuto, la prevalenza di esperienze consolidate

corrisponde a un livello di maturità tale da rendere le risposte successive particolarmente significative ai fini dell'analisi. (Figura 31)

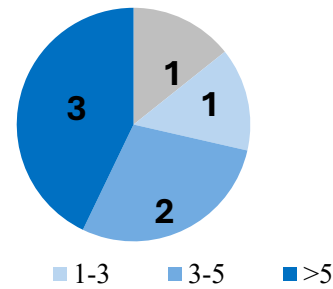


Figura 31 – Maturità di adozione, produzione

9-In che tipo di progetti applicate pratiche Lean?

Il grafico mostra una netta prevalenza delle imprese che dichiarano di adottare pratiche *Lean Construction* in ogni tipo di progetto, indipendentemente dalla complessità; per questa domanda era possibile selezionare più di un'opzione di risposta. (Figura 32)

- In progetti di grande scala o complessità
- In cantieri con scadenze strette o forte pressione di consegna
- In ogni tipo di progetto, indipendentemente dalla complessità
- Solo in progetti dove il committente lo richiede espressamente (0 voti)
- Altro (0 voti)

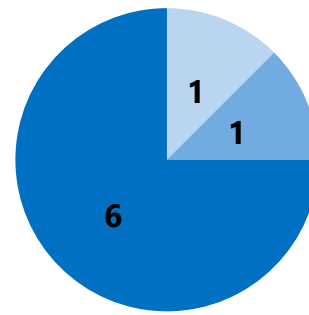


Figura 32-Adozione per tipologia di progetto, produzione propria.

Domanda 10-Qual è stata la motivazione principale che l'ha portata ad adottare pratiche Lean nella sua attività professionale?

- Migliorare l'efficienza e ridurre gli sprechi in cantiere
- Mantenere la competitività rispetto ad altre imprese del settore
- Rispondere alle richieste del cliente/promotore
- Applicare una metodologia innovativa allineata alla visione dell'impresa
- Altro (0 voti)

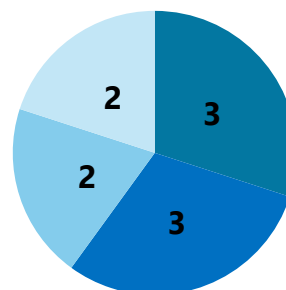


Figura 33-Motivazioni principali all'adozione, produzione propria.

Il grafico (Figura 33) evidenzia come le motivazioni che hanno portato all'adozione delle pratiche Lean Construction risultino distribuite su tutti gli aspetti proposti, senza una concentrazione esclusiva su un singolo fattore. Ciò suggerisce che l'adozione sia stata guidata da esigenze multiple e complementari; per questa domanda era possibile selezionare più opzioni di risposta.

11-Quali strumenti/metodologie Lean utilizzate regolarmente?

Il grafico (Figura 34) evidenzia una diffusione eterogenea degli strumenti Lean, con una maggiore ricorrenza a metodologie strutturate *Integrated Project Delivery*, *Last Planner System* e *Just-in-Time*. Il numero totale dei voti (16), indica che le imprese adottanti tendono a combinare più strumenti in funzione delle proprie esigenze operative. Per questa domanda era possibile selezionare più opzioni di risposta.

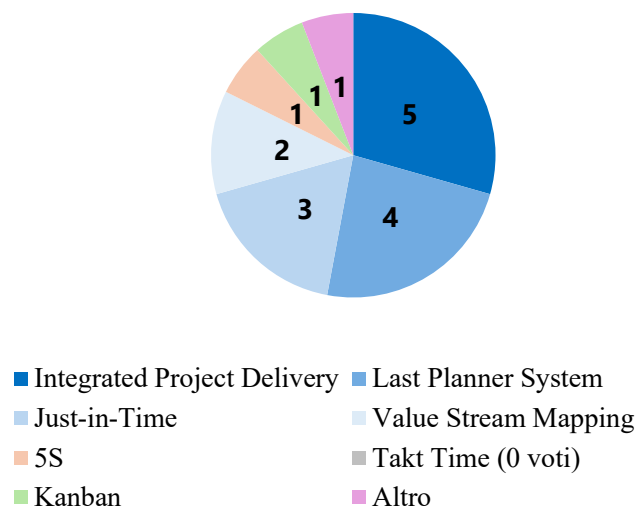


Figura 34 - Strumenti adottati, produzione propria.

12-Nei casi di successo in cui ha applicato pratiche Lean, qual è stato il beneficio principale che si voleva ottenere?

Il grafico (Figura 35) mostra come i benefici ricercati attraverso l'applicazione delle pratiche *Lean Construction* siano distribuiti su più dimensioni operative, con una maggiore incidenza dell'aumento della produttività in cantiere e della riduzione dei tempi di esecuzione. Per questa domanda era possibile selezionare più opzioni di risposta.



Figura 35 – Benefici ricercati, produzione propria.

13/14-Con quale frequenza, l'applicazione di pratiche Lean, non ha prodotto benefici percepibili o risultati concreti? Se lo desidera, indicare brevemente i motivi.

Dai risultati si evince che solo un'unica esperienza segnala una mancata produzione di risultati con una certa regolarità; solo in questo caso sono stati esplicitati i motivi, ricondotti a fattori esogeni, quali modifiche progettuali in corso d'opera o andamenti anomali dei prezzi di mercato dei materiali, piuttosto che a criticità intrinseche della metodologia.

(Figura 36)

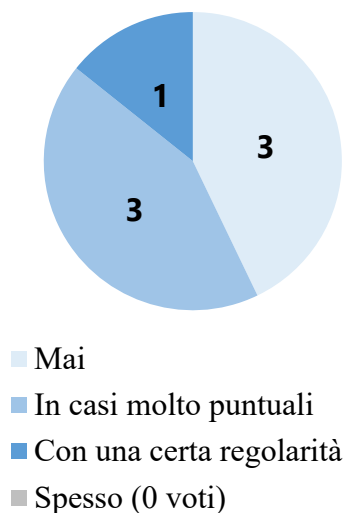


Figura 36 – Mancata percezione dei benefici, produzione

15/16-Avete integrato l'intelligenza artificiale nei processi Lean? Che risultati ha ottenuto integrando l'intelligenza artificiale nei processi Lean?

In relazione alla domanda relativa all'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi *Lean*, la maggior parte dei rispondenti dichiara di non aver ancora adottato tali strumenti e solo due di essi rispondono in modo affermativo. Per quanto riguarda la domanda successiva, sui risultati ottenuti integrando l'intelligenza artificiale nei processi *Lean*, entrambi i rispondenti hanno votato l'opzione "sufficienti".

(Figura 37)

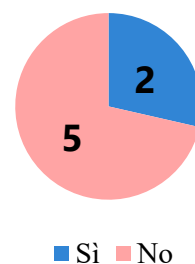


Figura 37 – Integrazione IA, produzione propria

17-Quali competenze/formazione ritenete fondamentali per l'applicazione di pratiche Lean?

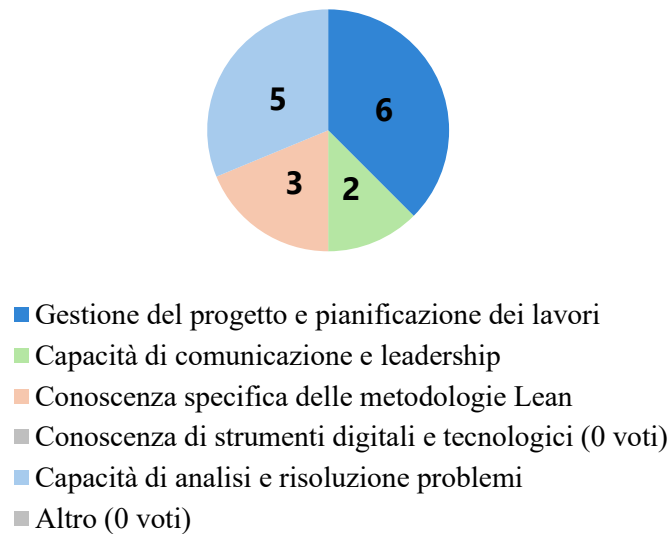


Figura 38 – Competenze ritenute fondamentali, produzione propria

In relazione alle competenze ritenute fondamentali per l'applicazione delle pratiche *Lean Construction*, le risposte evidenziano una maggiore rilevanza attribuita alla gestione del progetto e alla pianificazione dei lavori, seguite dalle capacità di analisi e risoluzione dei problemi. Emergono inoltre indicazioni sulla necessità di una conoscenza specifica delle metodologie *Lean* e, in misura più contenuta, sulle capacità di comunicazione e *leadership*. Non risultano invece selezioni per quanto riguarda la conoscenza di strumenti digitali e tecnologici. Per questa domanda era possibile selezionare più opzioni di risposta. (Figura 38)

18-Secondo la vostra esperienza, quali aspetti della metodologia *Lean Construction* ritiene che dovrebbero essere sviluppati o meglio adattati alla realtà operativa del suo Paese?

Dalle risposte all'ultima domanda (aperta) emerge un quadro eterogeneo abbastanza coerente, che evidenzia come le principali criticità non siano riconducibili a singoli strumenti *Lean*, bensì a fattori di sistema. In particolare, viene sottolineata la necessità di una maggiore collaborazione tra tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio, con un ruolo centrale attribuito alla committenza, soprattutto pubblica, nel favorire l'adozione di approcci collaborativi.

Alcune risposte richiamano l'esigenza di un rafforzamento del quadro normativo e di un maggiore supporto istituzionale, anche attraverso incentivi, al fine di rendere più agevole e diffusa l'applicazione di modelli avanzati come *l'Integrated Project Delivery*. Da alcuni

soggetti, viene evidenziato come la metodologia *Lean* risulti ancora poco diffusa in alcuni contesti nazionali, con una conoscenza spesso limitata a pochi strumenti, a fronte di un'applicazione complessiva ancora ridotta.

Il presente paragrafo dedicato esclusivamente all'analisi e alla lettura dei risultati raccolti attraverso il questionario, aveva l'obiettivo di restituire in modo oggettivo le principali evidenze emerse. Nel paragrafo successivo l'analisi verrà approfondita mediante considerazioni di carattere più interpretativo, includendo laddove possibile, diverse chiavi di lettura e possibili correlazioni tra i risultati analizzati.

6.2 Interpretazione dei risultati: Questionario

Premessa

Il presente paragrafo vuole dare una lettura interpretativa dei risultati emersi dall'analisi descrittiva del questionario, con l'obiettivo di individuare relazioni, analogie e possibili correlazioni tra le risposte fornite. A differenza del paragrafo precedente, qui l'attenzione non è rivolta ai singoli risultati, bensì al quadro complessivo che emerge dalla lettura dei dati, consapevole dei limiti in termini di "dimensione" del campione. L'approccio adottato, dunque, non intende generalizzare, ma valorizzare il potenziale delle informazioni raccolte dai risultati del questionario.

Dimensione d'impresa e adozione delle pratiche Lean

Un primo confronto può essere fatto tra dimensione dell'impresa e adozione delle pratiche *Lean Construction*. Su un totale di 18 rispondenti, 7 dichiarano di aver applicato pratiche *Lean*, mentre 11 affermano di non averle adottate. Tuttavia, la distribuzione non è omogenea rispetto alla dimensione organizzativa. Tra le imprese di grandi dimensioni (oltre 250 dipendenti), 4 su 7 dichiarano di adottare pratiche *Lean*, nelle imprese di medie dimensioni (51–250 dipendenti) la situazione risulta equilibrata, con 2 imprese adottanti e 2 non adottanti. Al contrario, tra le imprese piccole (meno di 50 dipendenti) solo 1 su 7 ha adottato pratiche *Lean*. (Figura 39)

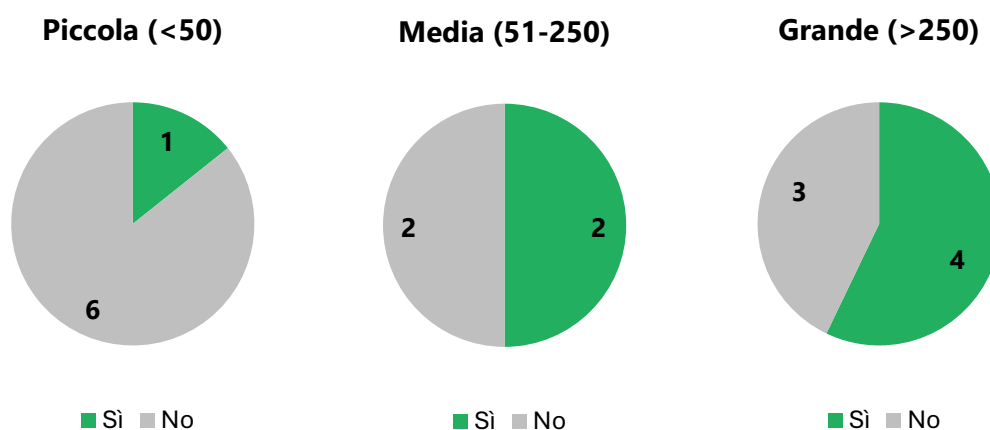


Figura 39 - Distribuzione dei risultati per dimensione d'impresa, produzione propria.

Questa distribuzione suggerisce una correlazione qualitativa tra dimensione dell'impresa e probabilità di adozione: al crescere della dimensione organizzativa aumenta la presenza di esperienze *Lean*. L'interpretazione non va ricondotta necessariamente a una maggiore "abilità" delle grandi imprese, quanto piuttosto alla disponibilità di strutture organizzative, ruoli dedicati e risorse che rendono più sostenibile l'introduzione di pratiche che richiedono continuità nel tempo. La *Lean*, in questo senso, sembra configurarsi come un approccio che necessita di un contesto ben strutturato per essere avviato e mantenuto.

Motivazioni della non adozione e mancanza di competenze

L'analisi delle motivazioni dichiarate dalle 11 imprese non adottanti rafforza questa lettura. Le ragioni più ricorrenti riguardano infatti la mancanza di formazione o conoscenze tecniche specifiche e la difficoltà di integrazione delle pratiche *Lean* nell'operatività quotidiana. (Figura 29). È interessante osservare, invece, come la motivazione legata alla percezione di un rapporto costi/benefici sfavorevole risulti marginale. Questo dato suggerisce che la *Lean Construction* non venga rifiutata per scetticismo sui benefici, ma piuttosto per una asimmetria tra l'interesse potenziale e la capacità effettiva di applicazione. In altri termini, la barriera principale non sembra essere di natura ideologica, bensì operativa e formativa.

Questa interpretazione trova riscontro nelle risposte aperte relative agli aspetti della metodologia che necessiterebbero maggiore sviluppo o adattamento, nelle quali molte imprese non adottanti dichiarano di non sapere cosa indicare (Domanda 7). Questo può essere il risultato di una limitata conoscenza: quando un tema non è familiare o non è mai stato affrontato in modo strutturato, diventa difficile esprimere un'opinione critica o individuare possibili ambiti di miglioramento. L'incertezza espressa riflette quindi una mancanza di consapevolezza sul tema, più che una posizione di rifiuto o di disinteresse.

Intenzione futura di adozione e stato di incertezza decisionale

Un'ulteriore interpretazione riguarda le intenzioni future delle imprese non adottanti. Nessuna di esse esprime una volontà negativa rispetto a una possibile adozione futura delle pratiche *Lean*. Tuttavia, la maggioranza delle risposte si colloca nell'area dell'incertezza "non lo so", mentre solo una minoranza dichiara un'intenzione positiva. (Figura 30)

Questo risultato suggerisce l'esistenza di un potenziale latente di diffusione della *Lean Construction*, che però non si traduce automaticamente in decisione operativa. L'assenza di

rifiuto netto, combinata con l'incertezza prevalente, può essere interpretata come segnale di un blocco decisionale dovuto alla mancanza di, ad esempio: riferimenti concreti e/o vicini, casi comparabili o supporti esterni. In tal senso, la non adozione non appare come una scelta definitiva, ma come una condizione transitoria legata all'assenza di fattori "scatenanti" (Obiettivo che il seguente lavoro di tesi si propone di raggiungere).

Anzianità di adozione e stabilità delle pratiche Lean

Passando alle 7 imprese adottanti, emerge un dato particolarmente significativo relativo all'anzianità di applicazione delle pratiche *Lean*. 5 su 7 imprese dichiara un'esperienza superiore ai cinque anni, o comunque maggiore ai tre anni, mentre solo 2 su 7 collocano in una fase di adozione più recente. (Figura 31)

Questa distribuzione suggerisce una possibile dinamica di tipo "selettivo": l'ingresso nella *Lean* può rappresentare una fase critica, caratterizzata da investimenti iniziali e cambiamenti organizzativi, ma una volta superata tale fase, le pratiche tendono a consolidarsi e a diventare parte integrante dei processi interni. Ne deriva un'interpretazione interessante: la principale difficoltà non sembra manifestarsi nella continuità dell'applicazione, bensì nell'avvio iniziale.

Continuità di applicazione delle pratiche Lean

Le risposte relative ai tipi di progetto in cui vengono applicate pratiche *Lean* mostrano una prevalenza dell'opzione "in ogni tipo di progetto" (Figura 32). Questo dato suggerisce che, nelle imprese adottanti, la *Lean* non venga utilizzata esclusivamente come strumento emergenziale, ma come approccio trasversale, applicabile indipendentemente dalle caratteristiche specifiche del progetto. La correlazione con l'anzianità di adozione rafforza questa interpretazione: quanto più l'esperienza *Lean* è consolidata, tanto più l'applicazione tende a essere sistematica e non puntuale.

Strumenti utilizzati e benefici ricercati

L'analisi degli strumenti *Lean* adottati (Figura 34) e dei benefici ricercati (Figura 35) evidenzia come l'attenzione delle imprese si concentri prevalentemente sulla riduzione dei tempi di esecuzione e sull'aumento della produttività in cantiere. Questi obiettivi risultano ricorrenti, suggerendo che la *Lean Construction* venga interpretata principalmente come leva di miglioramento delle prestazioni operative "immediate". Coerentemente con questa impostazione, strumenti come *Last Planner System*, *Just-in-Time* e *Integrated Project Delivery*

risultano maggiormente associati a tali benefici. La selezione degli strumenti appare quindi guidata più dalla priorità attribuita ai singoli obiettivi che da una valutazione complessiva del potenziale della metodologia. Nella rappresentazione grafica proposta di seguito si mostrano le tendenze emerse dal campione cercando di offrire una lettura qualitativa della correlazione tra strumenti *Lean* adottati e benefici ricercati, mostrando come alcune metodologie risultino più frequentemente associate a specifici obiettivi operativi. (Figura 40)

Correlazione tra strumenti e benefici ricercati

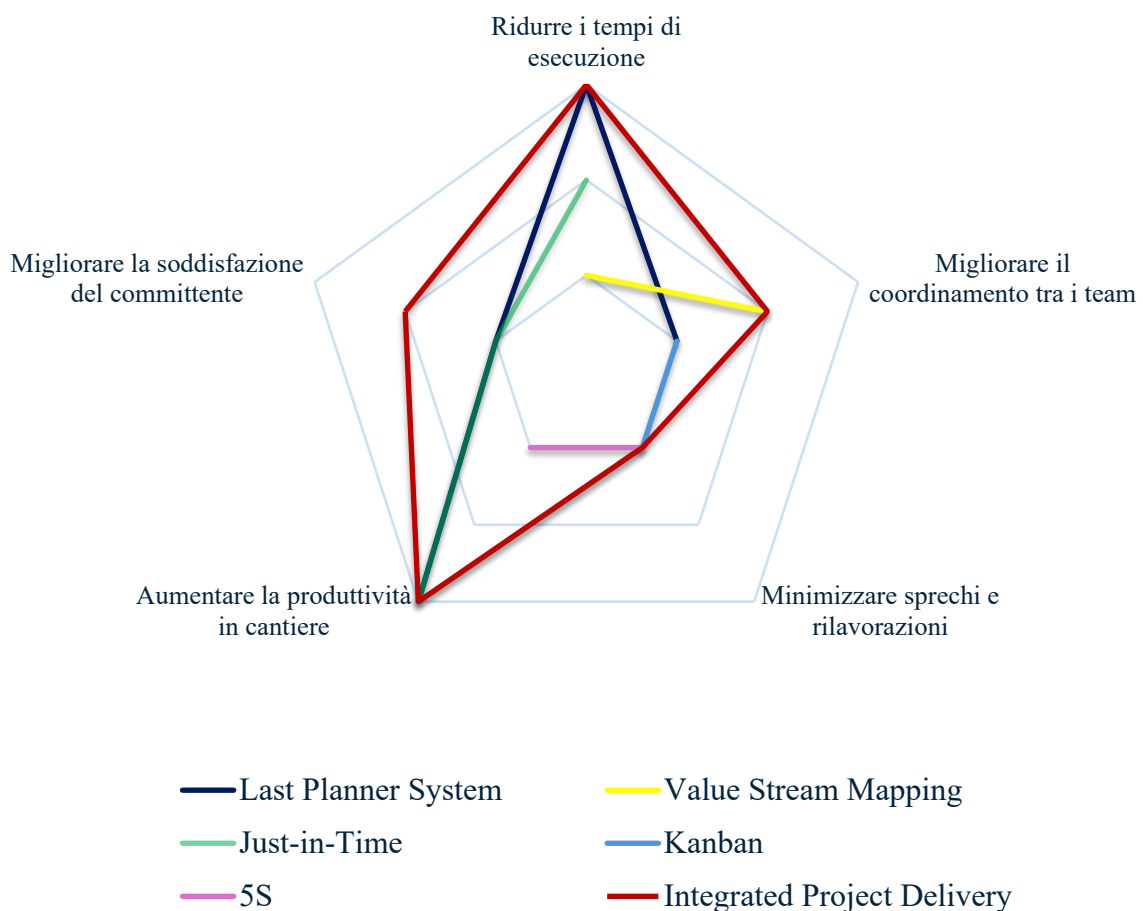


Figura 40-Correlazione tra strumenti e benefici ricercati, produzione propria.

Infatti, benefici quali il miglioramento del coordinamento tra i team, della soddisfazione del committente e la riduzione di sprechi e rilavorazioni risultano meno centrali nelle priorità espresse e strumenti come *Value Stream Mapping*, *Kanban* o *5S*, tendono a essere meno utilizzati o assunti come pratiche di supporto.

Questo dato può suggerire che tali aspetti, pur centrali, non vengano perseguiti come obiettivi, ma piuttosto considerati risultati conseguenti al miglioramento complessivo delle prestazioni operative.

Intelligenza artificiale: prospettive di sviluppo

Per quanto riguarda l'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi *Lean*, i risultati emersi dal questionario mostrano un livello di adozione limitato, con soli due casi dichiarati (Figura 37) e valutazioni complessive dei risultati pari a "sufficienti". Da un lato, questo dato appare coerente con uno stadio ancora iniziale di sperimentazione e, pur avendo inizialmente immaginato una diffusione leggermente maggiore, risulta comunque significativo che entrambe le imprese che ne fanno uso dichiarino esiti almeno soddisfacenti.

Al di là delle valutazioni emerse dal campione, è plausibile ritenere che l'integrazione di sistemi di intelligenza artificiale, almeno come strumenti di supporto alle decisioni, rappresenti un ambito destinato a svilupparsi nel prossimo futuro. In particolare, le imprese che già mostrano una maggiore apertura all'innovazione organizzativa e metodologica appaiono le più predisposte ad avvicinarsi progressivamente a tali strumenti, come elementi di supporto in grado di migliorare la qualità delle scelte operative. In questo senso, la limitata diffusione attuale non sembra indicare una mancanza di interesse strutturale, quanto piuttosto una fase di transizione.

Considerazioni finali e comparabilità dei due contesti

Nel loro insieme, i risultati del questionario restituiscono un quadro coerente, nel quale le diverse evidenze tendono a convergere. Le imprese che non adottano pratiche *Lean* mostrano incertezza e difficoltà operative più che un rifiuto dell'approccio; quelle che le adottano, invece, tendono a stabilizzarne l'uso nel tempo e ad applicarle in modo trasversale ai progetti. Parallelamente, la selezione degli strumenti e dei benefici ricercati evidenzia una chiara attenzione verso risultati immediatamente percepibili. Tuttavia, un elemento degno di nota che emerge da una visione d'insieme, riguarda la comparabilità tra i contesti italiano e spagnolo. Nel corso dell'intero lavoro di tesi, tale comparabilità ha mostrato solide affinità sia sul piano teorico sia su quello economico-operativo e i risultati del questionario ne rappresentano una ulteriore conferma. Le modalità di adozione della *Lean Construction*, le priorità perseguite e le principali difficoltà riscontrate risultano infatti sorprendentemente allineate nei due contesti.

Per entrambi i Paesi, l'attenzione si concentra prevalentemente sulla gestione operativa e sulla selezione di strumenti ritenuti più efficaci nel rispondere a esigenze concrete e immediate. Allo stesso modo, emergono criticità analoghe legate alla fase di avvio, alla disponibilità di competenze e alla difficoltà di incidere su variabili esterne al controllo dell'impresa. Questo allineamento suggerisce che, al di là delle differenze nazionali, le imprese operino all'interno di quadri organizzativi molto simili, adottando strategie comparabili nell'introduzione delle pratiche *Lean*. Le eventuali differenze osservabili tra Italia e Spagna appaiono quindi riconducibili non tanto a un diverso modo di concepire la *Lean Construction*, quanto a diversi livelli di adozione e maturità. In questa chiave di lettura, la scelta di concentrarsi su specifici strumenti perseguendo risultati più "immediati" potrebbe non rappresentare un limite, ma una risposta pragmatica a contesti complessi, comuni a entrambi i Paesi. Nel complesso, i risultati del questionario rafforzano quindi l'idea che, nel contesto attuale, Italia e Spagna condividano una "linea di pensiero" molto simile nell'approccio alla *Lean Construction*, confermando la solidità del confronto sviluppato nel presente lavoro.

Le considerazioni sviluppate nel presente paragrafo consentono di individuare alcuni temi ricorrenti e alcune criticità che risultano particolarmente rilevanti ai fini della proposta finale di un modello teorico-operativo. In questa logica di integrazione e correlazione tra dati quantitativi e qualitativi, il paragrafo seguente è dedicato all'analisi dell'intervista, finalizzata ad approfondire e contestualizzare i temi già emersi.

6.3 Analisi e interpretazione dei risultati: Intervista

L'intervista restituisce una visione della *Lean Construction* che non si esaurisce all'applicazione di singoli strumenti, ma si configura come un percorso che si sviluppa nel tempo. Le pratiche *Lean* risultano molto efficaci quando vengono adattate al contesto operativo dell'impresa e integrate nei suoi processi e nelle sue dinamiche organizzative a medio-lungo termine. Il presente paragrafo propone una lettura dei contenuti emersi dall'intervista in cui

l'analisi è accompagnata da considerazioni interpretative. L'analisi è articolata in tre ambiti tematici principali, che riflettono la struttura dell'intervista:

- *Formazione, strumenti e modalità di adozione della Lean Construction,*
- *Ostacoli alla diffusione,*
- *Integrazione dell'intelligenza artificiale.*

Formazione, strumenti e modalità di adozione della Lean Construction

Dall'intervista emerge chiaramente come la formazione rivesta un ruolo centrale, ma non viene intesa come conoscenza teorica di tutte le metodologie riconducibili alla *Lean Construction*. Al contrario, l'esperienza descritta evidenzia come l'attenzione sia rivolta soprattutto alla capacità di selezionare alcune pratiche ritenute utili, renderle comprensibili e condividerle direttamente ai soggetti coinvolti nei processi operativi. In questo senso, la formazione assume una funzione prevalentemente pratica, finalizzata a supportare l'applicazione concreta delle metodologie scelte.

Un aspetto rilevante riguarda le modalità con cui tali pratiche vengono introdotte all'interno dell'organizzazione. L'intervista sottolinea l'importanza di un approccio graduale, volto a evitare resistenze iniziali e a ridurre la percezione della *Lean* come ulteriore fonte di complessità. L'introduzione di strumenti semplici, spesso svincolata da un riferimento esplicito alla terminologia *Lean*, viene descritta come una strategia efficace per favorire l'accettazione. È l'utilità concreta degli strumenti, sperimentata nelle attività quotidiane, a costituire il principale elemento di accettazione del loro utilizzo.

Per quanto riguarda i tempi di percezione dei benefici, l'esperienza colloca gli effetti dell'adozione delle pratiche *Lean* nel medio-lungo periodo. Le metodologie vengono descritte efficaci se applicate con continuità e integrate lungo l'intero ciclo di vita del progetto in particolare prima dell'inizio del cantiere. All'interno di questo quadro, assume importanza anche il ruolo del committente. Dall'intervista emerge che alcune metodologie, in particolare quelle basate su un elevato livello di collaborazione, risultano difficilmente applicabili in assenza di una committenza disponibile a condividere obiettivi e modalità operative. In tali casi, viene comunque descritta la possibilità di attivare forme di collaborazione interna all'impresa, finalizzate al miglioramento del progetto, pur riconoscendo che il pieno potenziale di questi approcci si esprime quando l'iniziativa coinvolge direttamente il committente.

Infine, rispetto alla scelta e alla sequenza degli strumenti, dall'intervista emerge l'assenza di un ordine rigido o predefinito di adozione. Viene piuttosto sottolineata l'opportunità di iniziare da strumenti semplici, con obiettivi chiari e immediatamente comprensibili, in grado di produrre risultati concreti senza richiedere un elevato supporto esterno. L'intervista mette inoltre in evidenza come ciascun strumento risponda a esigenze specifiche e produca effetti differenti, rendendo spesso necessario un utilizzo combinato di più pratiche, piuttosto che l'adozione isolata di un'unica metodologia. In questo senso, gli strumenti non rappresentano il punto di partenza del percorso Lean, ma ne costituiscono una conseguenza: ciò che precede e guida la loro scelta è lo sviluppo di una mentalità orientata al miglioramento continuo, intesa come elemento culturale e organizzativo alla base dell'intero processo.

Ostacoli e barriere alla diffusione della Lean Construction

La seconda parte dell'intervista si concentra sui fattori che, secondo l'esperienza dell'intervistata, limitano una diffusione più ampia della *Lean Construction* nel settore. Il primo ostacolo indicato è di natura conoscitiva: mancanza di conoscenza e mancanza di interesse risultano strettamente collegate e se il valore dell'approccio non è chiaro, difficilmente viene percepito come meritevole di attenzione e investimento. Accanto a questo aspetto, l'intervista evidenzia una barriera economica legata ai costi di avvio. In particolare, quando l'adozione di strumenti o metodologie richiede formazione e accompagnamento da parte di soggetti esterni, l'investimento iniziale può diventare un freno, soprattutto per realtà che operano con margini ridotti. Un ulteriore elemento richiamato riguarda il tempo, o meglio la percezione del tempo: l'intervistata sottolinea come molte persone vivano l'avvio di pratiche *Lean* come una sottrazione di tempo alle attività quotidiane, soprattutto nelle fasi iniziali, quando i nuovi metodi richiedono disciplina, abitudine e un minimo di organizzazione. In questo passaggio emerge un aspetto significativo: la barriera non è tanto il tempo "oggettivo", quanto la difficoltà di adottare una prospettiva di miglioramento che accetti un investimento iniziale per recuperare efficienza in seguito. La *Lean* viene, ancora una volta, collegata a una visione di medio-lungo periodo. All'interno di questo quadro, l'intervista introduce anche il possibile ruolo del committente come fattore abilitante. Pur ribadendo che la spinta più solida dovrebbe partire dall'interno dell'impresa e dalla sua cultura, viene riconosciuto che committenti pubblici o privati possono favorire l'adozione chiedendo esplicitamente determinate pratiche in un progetto o inserendo requisiti specifici in ambito contrattuale. Questo passaggio non viene presentato come leva utile nei casi in cui l'adozione spontanea non

si attivi: la richiesta del committente può creare condizioni concrete per sperimentare metodologie e, soprattutto, renderle meno opzionali.

In chiusura, il consiglio rivolto a piccole imprese o a chi si avvicina per la prima volta alla *Lean* torna su un punto molto coerente con le barriere evidenziate: il primo passo è l'informazione. L'intervista valorizza l'idea di costruire consapevolezza attraverso materiali, pubblicazioni e casi pratici, per poi passare alla formazione e, se necessario, individuare figure interne che possano farsi carico di approfondire e promuovere gradualmente il tema. In questo senso, la risposta propone un percorso essenziale: capire, formarsi e solo dopo applicare, riducendo così sia l'incertezza iniziale sia la resistenza al cambiamento.

Integrazione dell'intelligenza artificiale

Nella parte finale dell'intervista, l'attenzione si sposta sull'intelligenza artificiale e sul suo rapporto con le pratiche *Lean*. L'intervistata sottolinea come, in forme diverse, l'uso di sistemi di supporto basati sui dati sia presente da tempo nelle attività aziendali, mentre il recente sviluppo tecnologico ne ha ampliato significativamente le potenzialità. L'esperienza descritta evidenzia un percorso graduale di adozione. In una prima fase, l'intelligenza artificiale viene introdotta come strumento di supporto diffuso, accessibile a tutto il personale, con l'obiettivo principale, ad esempio, di agevolare alcune attività ripetitive. Questa fase iniziale è accompagnata da una naturale diffidenza, che tuttavia tende a ridursi con l'uso quotidiano e progressivamente normalizzata all'interno dell'organizzazione.

Successivamente, l'intervista descrive un'evoluzione verso applicazioni più specializzate, basate su assistenti dedicati a specifici ambiti. In questo caso, l'utilizzo dell'intelligenza artificiale risulta strettamente legato alla qualità e alla selezione dei dati messi a disposizione, evidenziando come il valore dello strumento dipenda in larga misura dal contesto informativo in cui viene impiegato. Un ulteriore livello di sviluppo riguarda l'impiego dell'intelligenza artificiale a supporto delle fasi preliminari di progetto, in particolare per l'elaborazione di stime di costo basate su dati storici e documentazione di progetti precedenti. Questo utilizzo viene descritto come ancora in fase di sviluppo, ma significativo per comprendere il potenziale dell'IA come strumento di supporto alle decisioni, piuttosto che come sostituto delle competenze tecniche.

Nel complesso, dall'intervista emerge una concezione dell'intelligenza artificiale come elemento complementare alle pratiche *Lean*, coerente con una visione orientata al

miglioramento continuo. L'IA viene associata alla riduzione dei tempi, al supporto operativo e alla valorizzazione dei dati disponibili, senza attribuirle un ruolo risolutivo o automatico. Anche in questo caso, il fattore determinante non è la tecnologia in sé, ma il modo in cui essa viene integrata nei processi esistenti e accettata dalle persone che la utilizzano.

Nel complesso, l'analisi dell'intervista conferma e arricchisce quanto emerso dal questionario. Il contributo risulta particolarmente rilevante perché consente di mettere in luce non solo gli strumenti e le pratiche adottate, ma soprattutto le condizioni organizzative, culturali e temporali che ne influenzano l'efficacia. In questo senso, l'esperienza fornisce elementi utili a delineare la proposta del modello sviluppata in seguito, mettendo in luce come l'integrazione tra strumenti *Lean*, aspetti culturali e IA debba essere considerata un percorso strutturato e graduale, e non una successione di interventi isolati.

6.4 Sintesi evidenze empiriche e indicazioni operative preliminari

Premessa

Il presente paragrafo ricompone i risultati emersi dall'indagine, prima descritti in modo oggettivo e successivamente discussi in chiave interpretativa e ragionata. L'obiettivo, fin dall'avvio della ricerca, era raccogliere evidenze utili a sostenere la possibile proposta di un modello teorico-operativo: informazioni fondate su riscontri empirici, ma inevitabilmente lette attraverso valutazioni e correlazioni che presentano una componente soggettiva e dipendono dal ragionamento dell'autore. In questa logica, nella sintesi che segue sono state selezionate quelle che, a mio avviso, sono le indicazioni operative principalmente emerse, articolandole in 11 fattori di possibile successo, 6 possibili criticità e 3 elementi la cui efficacia dipende dal contesto, costituendo la base argomentativa per la successiva definizione del modello e per la chiusura complessiva del lavoro.

Fattori di possibile successo

1) Investire su informazione e formazione, prima che sugli strumenti.

Nel questionario, tra le imprese non adottanti il primo motivo di mancata adozione è la mancanza di formazione/conoscenze (molto più della sfiducia sul rapporto costi/benefici). Traduzione operativa: se si vuole fare *Lean Construction*, la prima leva non è “scegliere lo strumento”, ma migliorare la comprensione interna (che cos’è, a cosa serve, come si usa). L’intervista conferma: le metodologie sono molte, non è realistico conoscerle tutte, ma è necessario che le persone coinvolte conoscano bene quella scelta e siano convinte. Senza questo, l’adozione non funziona o resta superficiale.

2) Percorso di adozione chiaro: informarsi → scegliere → formarsi → mantenere.

Le imprese non adottanti non sono “contro”, ma spesso indecise. Questo significa che la conversione da interesse a decisione richiede un percorso guidato. L’intervista ci suggerisce come renderlo operativo:

- Prima informazione (materiali, pubblicazioni, esempi, confronto con chi lo fa),
- Selezione mirata dello strumento utile,
- Formazione su quell’aspetto specifico,
- Continuità (non è un intervento “una tantum”).

3) Mantenere nel tempo: i benefici arrivano soprattutto nel medio-lungo periodo.

Nel campione adottante, la maggior parte applica Lean da molti anni: segnale pratico che, superata la fase iniziale, la metodologia tende a stabilizzarsi e restare. L’intervista è netta: i benefici sono principalmente medio-lungo periodo e richiedono mantenimento. Operativamente: se un’azienda cerca un effetto immediato senza continuità, sta impostando male l’aspettativa.

4) Partire dall’inizio del progetto, non “a cantiere già avviato”.

Indicazione operativa: Implementazioni come *Last Planner System* rendono di più se impostate prima dell’avvio del cantiere, con il team allineato e regole definite. Inserire strumenti strutturati quando il progetto è già in corsa (es. dopo mesi) aumenta attrito e riduce efficacia.

5) Applicare la Lean in modo trasversale.

Il risultato della domanda 9 del questionario è un punto chiave: tra gli adottanti prevale l'opzione "in ogni tipo di progetto". La *Lean* funziona meglio quando diventa standard di lavoro e non metodologia da usare solo su certe commesse. Traduzione: se la *Lean* è confinata a un progetto isolato, resta fragile; quando è usata ovunque, diventa routine e produce continuità.

6) Usare più strumenti insieme, ognuno per un obiettivo specifico.

L'intervista lo chiarisce: non esiste un ordine universale, perché ogni strumento serve a qualcosa di specifico. Traduzione operativa per un approccio efficace: selezionare pochi strumenti coerenti con il problema principale, poi integrare altri strumenti quando hai stabilizzato i primi.

7) Iniziare da strumenti semplici.

Conviene partire da strumenti più semplici, con obiettivo chiaro e meno bisogno di assistenza. Strumenti più complessi spesso richiedono supporto esterno almeno in avvio (formazione, accompagnamento, disciplina di applicazione). Operativamente: se l'azienda non ha esperienza, partire subito con lo strumento più complesso, senza guida, aumenta la probabilità di risultati deboli.

8) Se la committenza non collabora, si adotta un modello collaborativo interno.

Con progetti collaborativi, la condizione è chiara: se il committente non vuole collaborare, diventa difficile. Tuttavia, un comportamento operativo efficace se il committente non partecipa è avviare una collaborazione interna (tutti i reparti coinvolti per migliorare il progetto ricevuto).

9) Puntare su competenze di gestione e pianificazione

La domanda 17 mette in evidenza che le competenze ritenute fondamentali in ambito *Lean* sono quelle legate soprattutto a gestione e pianificazione dei progetti, capacità analitica, *problem solving*. La formazione efficace passa prima da queste basi e poi dagli strumenti specifici. Consiglio operativo: puntare su risorse che dimostrano forte predisposizione a questi temi.

10) Intelligenza artificiale come assistente operativo

Percorso pratico consigliato:

- Livello 1: IA accessibile a tutti i dipendenti (assistente),

- Livello 2: IA come assistente specifico per reparto, si “addestra” (es. legislazione),
- Livello 3: IA ben addestrata diventa un supporto su tutti i progetti (la base è la qualità dei dati).

11) Risorsa interna che studia e incentiva l’adozione.

In imprese medio-grandi la presenza di una risorsa dedicata può fare la differenza. In imprese piccole non serve una figura esclusiva, ma serve una persona responsabile che studi, approfondisca e promuova internamente. Operativamente: Se non c’è qualcuno che se ne occupa davvero, l’adozione non dura nel tempo.

Possibili criticità

1) Avvio senza conoscenza minima interna.

Dai non adottanti emerge che il primo ostacolo è la mancanza di formazione/conoscenze. In assenza di basi condivise, la *Lean* viene applicata in modo disomogeneo: mancano linguaggio, obiettivi e routine. Il risultato tipico è un’adozione parziale, con rischio di giudicarla inefficace perché implementata male, non perché non funzioni.

2) I fallimenti ricorrenti non sono normali

I casi in cui la *Lean* “non produce benefici con regolarità” sono praticamente assenti. Traduzione operativa: se un’azienda sperimenta spesso “nessun beneficio”, deve cercare la causa e ragionare sulle modalità di applicazione usate, non accettarlo come esito fisiologico.

3) Introdurre la *Lean* come puro argomento teorico

Quando si prova a introdurre la *Lean* come sistema completo e astratto, si crea confusione. Operativamente: se non si seleziona uno scopo preciso e uno strumento coerente, l’implementazione si disperde.

4) Aspettativa di benefici immediati.

I benefici sono principalmente medio-lungo periodo e richiedono mantenimento. Operativamente: se l’azienda imposta la *Lean* come “progetto breve” o “test di qualche mese”, è probabile che non veda risultati oppure li interpreti come deludenti.

5) Nessuna figura responsabile

Anche senza una figura dedicata a tempo pieno, serve una persona responsabile che studi e incentivi l'applicazione. Operativamente: senza referente, l'adozione dipende dalla buona volontà dei singoli e non sopravvive ai carichi di lavoro.

6) Non funziona introdurre l'IA senza una buona base.

Se non esistono dati affidabili, procedure minime e un processo già governato, l'IA resta un esperimento marginale e non produce valore. Bisogna lavorare a piccoli passi e "addestrarla" con dati di qualità.

Elementi da valutare

1) Dimensione e struttura dell'impresa.

L'adozione è più frequente nelle imprese più strutturate; nelle piccole è più rara. Traduzione operativa: la *Lean* può funzionare anche in realtà piccole, ma solo se si crea un minimo di struttura (referente, routine, tempo, obiettivi). Senza questi elementi, l'esito può non essere positivo.

2) Tipo di progetto

Molti adottanti la usano in ogni tipo di progetto. Quindi non è il tipo di progetto il vincolo principale, ma la capacità dell'azienda di renderla prassi. Operativamente: su progetti complessi il vantaggio potenziale aumenta, ma anche lo sforzo di coordinamento.

3) Ruolo della committenza e forma contrattuale

Per approcci collaborativi, l'esito dipende in modo diretto dalla committenza: se non collabora, il valore si riduce. Operativamente: committenza collaborativa → ha senso spingere strumenti come IPD; committenza tradizionale → puntare su collaborazione interna

In sintesi, il seguente capitolo ha consentito di formulare le prime indicazioni operative, organizzando le evidenze emerse in fattori positivi e/o criticità. Le considerazioni formulate fanno riferimento ai risultati dell'indagine, ma includono inevitabilmente una quota soggettiva, necessaria per tradurre i riscontri empirici in indicazioni operative. Il capitolo successivo, riprenderà e rielaborerà tali indicazioni in una prospettiva più ampia, mettendole a confronto con l'intero percorso della tesi, con l'obiettivo di consolidare le evidenze finali utili alla definizione del modello conclusivo

7.

sintesi delle
indicazioni operative

Premessa

Il seguente capitolo rappresenta una fase di sintesi e ricomposizione del lavoro: non introduce nuovi dati, ma rilegge in modo unitario quanto è stato definito, osservato e discusso nei capitoli precedenti, con un obiettivo preciso: stabilizzare le evidenze e le considerazioni che alimenteranno la proposta conclusiva di modello. Se nel capitolo 6 la sintesi e le interpretazioni sono state costruite a partire dai risultati dell'indagine empirica (questionario e intervista), in questa sezione tali indicazioni vengono sottoposte a un'ulteriore riflessione applicativa, alla luce del quadro teorico e del percorso personale e complessivo maturato nel corso della stesura della tesi.

La logica è quindi selettiva e operativa: le osservazioni emerse dall'indagine vengono approfondite, smussate o, quando necessario, riformulate, evitando sia la semplice ripetizione dei risultati sia generalizzazioni non supportate. In altri termini, questo capitolo esplicita il passaggio: lettura dei dati → chiusura del ragionamento, le evidenze del capitolo 6 restano il riferimento, ma vengono integrate con la conoscenza costruita lungo l'intero lavoro, inclusi i concetti, i vincoli e le implicazioni operative discussi nei capitoli precedenti.

Il filo conduttore è l'applicabilità: le evidenze verranno organizzate in macroaree rilevanti per l'implementazione della *Lean*, come l'avvio e i primi passi, la formazione e l'informazione, la selezione e l'uso degli strumenti, gli aspetti culturali e di mentalità organizzativa, e il ruolo dell'intelligenza artificiale. Per ciascuna area, l'obiettivo è arrivare a enunciati finali: condizioni necessarie, scelte consigliate, elementi critici e limiti di validità. Questa impostazione consente di chiudere coerentemente il cerchio del lavoro: dalla costruzione del quadro teorico, alla verifica empirica, fino alla definizione di una base solida e argomentata su cui impostare la proposta del modello conclusivo.

7.1 Adozione, maturità applicativa e logiche di avvio

Quadro completo

Nel presente lavoro, l'adozione della *Lean Construction* non viene trattata come introduzione di singoli strumenti, ma come passaggio organizzativo: rendere più governabile un contesto (quello delle costruzioni) talvolta instabile. La *Lean*, in questa cornice, ha valore quando riesce a entrare nel quotidiano operativo: ridurre sprechi e discontinuità non come principio astratto, ma come criterio per decidere e coordinare meglio, con effetti positivi sulla produttività e la qualità finale (cfr. Cap. 1; Cap. 4). La teoria chiarisce perché l'avvio è spesso il punto critico: le barriere (C.O.R.A) sono diverse e si attivano quando l'approccio non è percepito come globale. In questa logica, l'adozione tende a sbloccarsi solo quando diventa praticabile: poche pratiche, comprensibili, sostenibili e collegate a problemi concreti.

L'indagine rafforza questa lettura. Nel questionario emerge che l'adozione è più frequente in contesti strutturati (relazione dimensione-adozione) e che, quando la *Lean* è presente, gli strumenti non sono usati in modo isolato, ma combinati. Questo dato è coerente con l'idea che la *Lean* funzioni come insieme di routine operative. L'intervista chiarisce due condizioni decisive. La prima è temporale: le pratiche funzionano meglio se impostate fin dall'inizio del progetto, non introdotte in corsa quando il sistema è già instabile. La seconda è di continuità: i benefici richiedono tempo e disciplina applicativa, quindi, l'adozione resta debole se dipende da singole persone o da un unico progetto. In sintesi, dal confronto tra teoria e dati emerge un criterio netto: l'adozione regge quando l'approccio diventa eseguibile (avvio) e poi ripetibile (maturità). Se manca una delle due condizioni, resta nominale o episodico.

Valutazione critica e indicazioni finali

Si distingue tra chi non adotta e chi già adotta, perché cambia la prospettiva.

Per chi non adotta:

1. Scegliere un obiettivo operativo unico e visibile. Un solo bersaglio, formulato in termini concreti: ridurre ritardi su una fase, ridurre rilavorazioni su una lavorazione, diminuire

attese tra due squadre, stabilizzare consegne materiali. Se l'obiettivo non è osservabile in cantiere, l'avvio si perde.

2. Partire con un progetto pilota "piccolo", ma concreto: una commessa, una fase, una squadra. L'avvio deve essere abbastanza piccolo da reggere la pressione quotidiana, ma abbastanza concreto da produrre apprendimento.
3. Fissare poche regole operative non negoziabili. Esempio: un momento settimanale breve di pianificazione con chi lavora sul campo e una verifica altrettanto breve dell'avanzamento e dei vincoli. Il punto non è la formalità, è creare una cadenza che impedisca di lavorare solo per urgenze.
4. Usare un linguaggio minimo comune. Niente sigle e termini inutilmente complesse: basta che tutti intendano la stessa cosa quando si parla di valore, spreco, vincoli, avanzamento. Se manca questo, le riunioni risulteranno confuse.
5. Assegnare una responsabilità chiara di continuità, anche parziale: qualcuno deve tenere il filo, aggiornare la routine, evitare che tutto si interrompa al primo picco di lavoro.

Per chi già adotta:

1. Misurare la maturità sulla stabilità, non sulla quantità di strumenti. L'adozione è matura quando le pratiche restano anche se cambiano commessa o responsabile, e quando non si perdono nei momenti critici.
2. Anticipare l'impostazione: partire prima del cantiere. Se le routine vengono introdotte tardi, rischiano di ridursi e non governano più la produzione.
3. Rendere trasversali le pratiche che funzionano. Se una modalità utile resta confinata a un gruppo o a una persona, non scala e non crea apprendimento organizzativo.
4. Tagliare ciò che non regge. Se una pratica richiede troppo tempo rispetto al beneficio percepito, va ridotta o semplificata: la disciplina applicativa si costruisce proteggendo poche routine ad alto impatto, non accumulando metodi.

7.2 Competenze, formazione e cultura operativa

Quadro completo

Un concetto che emerge con chiarezza durante lo sviluppo del lavoro è che la *Lean Construction* si regge sui soggetti coinvolti: competenze, linguaggio e una cultura operativa capace di sostenere disciplina, trasparenza e miglioramento continuo. Questo punto è già implicito nell'inquadramento del settore: la variabilità e la frammentazione rendono inevitabile il coordinamento tra attori e fasi, e senza capacità di pianificare, comunicare e risolvere problemi in modo strutturato, qualsiasi metodo rischia di restare teoria. Sul piano teorico, la tesi evidenzia che una delle barriere più forti all'adozione è la resistenza culturale: per lungo tempo il settore ha privilegiato la produttività immediata rispetto a investimenti di medio-lungo periodo, rendendo difficile introdurre pratiche basate su continuità e apprendimento. A questa inerzia si somma un limite formativo: la preparazione tradizionale rimane spesso centrata su aspetti tecnici e normativi, mentre la *Lean* richiede competenze anche di gestione dei processi, pianificazione e controllo. Ne deriva una diffusione frammentaria: si prova qualcosa, ma senza comprensione dei principi e senza coerenza applicativa.

L'indagine empirica conferma in modo netto questa lettura. Tra le imprese che non adottano, la motivazione più ricorrente è la mancanza di formazione o conoscenze tecniche specifiche, seguita dalla difficoltà di integrare le pratiche nell'operatività quotidiana. Inoltre, quando viene chiesto cosa servirebbe per favorire l'applicazione, ricorrono richiami a adattamento culturale e formazione continua, segnale di un problema "a monte": senza basi, è difficile persino formulare un giudizio informato. Tra gli adottanti, la domanda sulle competenze ritenute fondamentali concentra l'attenzione su gestione del progetto e pianificazione dei lavori. L'intervista completa il quadro con un'idea chiave: la formazione non coincide con la pretesa di conoscere tutto, ma selezionare poche pratiche utili e renderle comprensibili a chi opera. In sintesi, dalla tesi emerge un criterio semplice: senza competenze e cultura operativa, la *Lean* tende a diventare intermittente o superficiale; quando invece si costruisce un minimo comune di comprensione e disciplina, gli strumenti diventano conseguenza naturale e non punto di partenza (cfr. Cap. 1.4; Cap. 6).

Valutazione critica e indicazioni finali

Per chi non adotta:

1. Fare prima informazione, poi formazione. Prima di partire, far circolare esempi e casi pratici già presenti in letteratura e nel settore: cosa cambia nella pianificazione, cosa cambia nel coordinamento, cosa cambia nel controllo dell'avanzamento. Obiettivo: rendere chiaro a tutti che la *Lean* non è burocrazia, ma riduzione di sprechi, rilavorazioni, attese, disordine, ecc.
2. Scegliere 3 concetti base e renderli condivisi. Valore, spreco, vincoli: tre parole, un significato unico. Basta questo per evitare che ogni reparto o figura interpreti l'approccio a modo suo.
3. Formare solo chi deve applicare davvero, su una pratica precisa. Esempio operativo: se si decide di introdurre una pianificazione settimanale con verifica dell'avanzamento, si formano capocantiere e capisquadra su come prepararla e come leggerla.
4. Legare la formazione a un problema reale già percepito. Non "migliorare in generale": scegliere una criticità che oggi costa tempo e conflitti (interferenze tra lavorazioni, materiali che arrivano tardi, rilavorazioni ricorrenti) e usare quella criticità come filo conduttore dell'apprendimento.
5. Identificare una figura interna che tenga insieme metodo e continuità. Non deve essere per forza un esperto, ma una persona con attitudine a pianificazione e ordine: è la condizione minima per non spegnere tutto dopo le prime difficoltà.

Per chi già adotta:

1. Misurare la cultura operativa su comportamenti osservabili. Riunioni brevi ma regolari, regole rispettate, problemi resi visibili, correzioni successive: se questi comportamenti spariscono nei momenti di pressione, la cultura non è ancora stabile.
2. Rendere la formazione continua e mirata, non episodica. Piccoli richiami periodici sulle stesse pratiche già adottate, fino a renderle automatiche; poi si aggiunge eventualmente altro.
3. Evitare la conoscenza diffusa e superficiale. Meglio poche persone molto solide su una pratica, che molte persone insicure e senza capacità di applicazione coerente.

4. Portare l'apprendimento da singolo progetto a organizzazione. Se una pratica funziona, deve diventare modalità ripetibile: materiali, esempi interni, regole scritte in modo semplice, inserimento dei nuovi con affiancamento. Bisogna condividere i successi.

7.3 Pianificazione e strumenti cardine

Quadro completo

Questa sezione riguarda la scelta degli strumenti e la loro combinazione. Il quadro teorico (Cap. 4) mette in evidenza che gli strumenti non sono equivalenti: alcuni strutturano il governo della produzione, altri agiscono su aspetti specifici (materiali, ordine, flussi). Ne deriva un criterio semplice: più uno strumento richiede continuità, regole condivise e coordinamento tra soggetti, più la sua efficacia dipende dalla maturità applicativa e dal momento in cui viene introdotto.

Le evidenze dell'indagine empirica permettono di osservare due elementi utili: nel campione, tra gli strumenti dichiarati come utilizzati con regolarità ricorrono soprattutto *Integrated Project Delivery*, *Last Planner* e *Just in Time*, e nel complesso gli adottanti tendono a combinare più strumenti invece di sceglierne uno solo (cfr. Cap. 6.2). Gli obiettivi più richiamati dai rispondenti sono obiettivi operativi misurabili nel ciclo della commessa, come riduzione dei tempi e miglioramento della produttività; coerentemente, risultano più presenti gli strumenti che incidono sulla gestione operativa e sul coordinamento, mentre altri strumenti risultano meno centrali. Questa tendenza non implica che gli strumenti "minori" siano inutili, ma indica che vengono spesso percepiti come secondari rispetto a quelli collegati direttamente a pianificazione, collaborazione e flussi.

L'intervista rafforza il tema della gradualità e del momento di introduzione: viene sottolineato che la *Lean* richiede continuità e che introdurre pratiche troppo impegnative senza basi può renderle insostenibili, mentre impostare le modalità operative fin dall'avvio del progetto aumenta la probabilità che diventino routine e non adempimenti. Componendo teoria e indagine, il punto conclusivo è che la scelta degli strumenti deve seguire una logica di sequenza: prima strumenti che costruiscono ordine e linguaggio operativo comune, poi strumenti che

rendono regolare la pianificazione e il controllo, e infine strumenti che alzano la capacità di collaborazione e integrazione quando l'organizzazione è in grado di sostenerli.

Valutazione critica e indicazioni finali

Per chi non adotta:

1. Iniziare da strumenti semplici e visibili, che riducono sprechi osservabili senza richiedere grande struttura. Ordine e pulizia (5S) e gestione visiva sono adatti perché riducono sprechi di materiale, spostamenti inutili e tempi morti, e creano disciplina operativa di base.
2. Affiancare una routine minima di coordinamento a breve periodo, come versione “essenziale” del *Last Planner System* (LPS): pochi impegni settimanali concordati con chi opera e controllo esplicito dei vincoli prima di confermarli. LPS completo può risultare impegnativo e spesso richiede supporto iniziale perché introduce tante pratiche nuove (continuità, tracciabilità, gestione dei vincoli e responsabilità) che, se non impostate bene, trasformano lo strumento in una riunione in più e ne riducono l'efficacia.
3. Usare la mappatura del flusso di valore solo su un flusso critico e delimitato. Va applicata dove ci sono attese e rilavorazioni ricorrenti (un passaggio, una fase, un approvvigionamento), con l'obiettivo di cambiare una singola scelta operativa per volta.
4. Trattare il sistema *Last Planner* come traguardo graduale. Se l'organizzazione non regge continuità e regole minime, conviene avvicinarsi per passi: prima stabilizzare il coordinamento breve, poi introdurre la logica delle condizioni necessarie e della verifica dell'avanzamento.
5. Intervenire su materiali e consegne solo quando sono un vincolo ripetuto. Se i problemi principali sono interferenze tra lavorazioni e disallineamenti operativi, partire dai materiali può essere una deviazione; se invece le mancanze e gli arrivi disordinati sono frequenti, allora ha senso lavorare su consegne puntuali e scorte.

Per chi già adotta:

1. Ridurre l'uso di strumenti “a progetto” e renderlo metodo ripetibile. La maturità si misura sulla continuità e ripetibilità dei processi vincenti.

2. Se da verifiche e controlli emergono sempre materiali, interferenze, processi incompleti o decisioni tardive, allora la *Lean* sta funzionando solo come registrazione del problema: va fatto un passo decisivo, trasformandola in azione preventiva.
3. Rafforzare il sistema *Last Planner* dove porta valore: usare la pianificazione intermedia per far emergere vincoli con anticipo e chiuderli prima che diventino ritardi, invece di limitarsi alla pianificazione settimanale.
4. Integrare la gestione dei materiali con la pianificazione, non tenerla separata. Se i vincoli ricorrenti sono legati a consegne e disponibilità, il *Just in Time* deve diventare una regola operativa: cosa deve arrivare, quando, chi lo conferma e con quale controllo. Chi adotta già da tempo deve dedicare figure e risorse al consolidamento di questi due strumenti.
5. Spingere su modalità di lavoro ispirate alla consegna integrata del progetto (IPD) come requisito. Quando possibile, chiederle esplicitamente ai partner e alla committenza; se non si riesce a renderle vincolo contrattuale, applicarle comunque nei processi interni: ruoli e responsabilità chiari fin dall'inizio, momenti fissi di coordinamento tra progettazione e produzione, decisioni tracciate e gestione anticipata delle varianti. Anche in forma "IPD interna" l'effetto è ridurre scelte tardive stabilizzando la produzione.
6. Ricondurre gli strumenti a obiettivi misurabili nel ciclo della commessa, senza promettere risultati istantanei. Chi adotta deve legare ogni strumento a un risultato misurabile e verificare nel tempo se la pratica sta davvero incidendo.

7.4 Intelligenza artificiale: applicazioni, condizioni e limiti

Quadro completo

Nel quadro teorico, l'intelligenza artificiale non è presentata come alternativa agli strumenti della *Lean Construction*, ma come supporto che può renderne più efficace l'applicazione quando esistono routine, dati minimi e responsabilità chiare. I casi studio richiamati mostrano che la forza dell'IA emerge soprattutto quando serve a rendere più rapidi e oggetti processi che, nei metodi tradizionali, dipendono da interpretazioni soggettive o da controlli manuali lenti. (Cap. 4.4)

Le applicazioni più solide, analizzate al paragrafo 4.4.1 IA × *Lean Construction*: benefici e applicazioni rilevanti, ricadono in cinque ambiti: Gestione delle riunioni operative, controllo di attività tramite supporto visivo artificiale, pianificazione automatizzata in contesti produttivi come la prefabbricazione, controllo qualità, analisi predittiva per rischi e tempi. Inoltre, l'analisi diventa particolarmente rilevante quando tali applicazioni vengono incrociate alle barriere C.O.R.A (Cap. 4.4.2). Dalla matrice emerge che l'IA tende a incidere con maggiore forza sulle resistenze culturali e organizzative quando rende più trasparenti avanzamento e criticità. Sulla carenza di competenze, l'effetto è variabile: in alcuni casi l'IA riduce il divario perché guida l'operatore, in altri casi resta condizionata, perché richiede capacità minime di lettura e gestione dei dati. Sugli ostacoli tecnici ed economici l'effetto è quasi sempre condizionato: servono strumenti, dati e investimenti, anche se i benefici possono compensare. Infine, l'adattabilità non è automatica: molti sistemi funzionano bene se calibrati su contesto, norme e dati rappresentativi; in alcuni casi l'applicazione è molto specifica e poco trasferibile senza personalizzazione.

Collegando questa lettura ai risultati dell'indagine, il quadro è coerente: dove non si adotta, emerge il tema della mancanza di competenze e della difficoltà di integrazione nel quotidiano; qui l'IA può aiutare solo se riduce davvero lo sforzo operativo (avvisi, supporto in ispezione, sintesi delle criticità) e non introduce complessità ulteriore. Dove si adotta, invece, la continuità e l'anticipazione dei vincoli sono decisive; in questo caso l'IA è forte quando riduce tempi di controllo, rende visibili cause ricorrenti e aiuta a prevenire scostamenti, ma resta limitata di

fronte a fattori critici che si presentano con una certa regolarità: se un evento critico si ripete sempre nello stesso modo, l'IA tende a registrarlo come comportamento tipico del sistema e, in assenza di un riferimento diverso, fatica a riconoscerlo come anomalia e a suggerire un'alternativa corretta.

Valutazione critica e indicazioni finali

In questa sezione non si ritiene utile distinguere spunti per non adottanti di pratiche *Lean*. La priorità è avvicinarsi all'adozione di pratiche *Lean* e poi implementare supporto IA.

Per chi già adotta:

1. Usarla per rendere espliciti vincoli, responsabilità e scadenze, non per produrre documenti. Il valore pratico è trasformare informazioni disperse (note di cantiere, messaggi, osservazioni) in un elenco ordinato: in questo modo l'intelligenza artificiale rafforza la logica *Lean*.
2. Addestrarla su scostamenti rispetto a standard dichiarati, non rispetto a ciò che accade più spesso. L'IA diventa utile quando le si dà un riferimento chiaro (standard operativi, soglie, condizioni desiderate): altrimenti rischia di considerare normale ciò che si ripete, anche se è spreco o errore. Questo punto è cruciale perché collega direttamente l'IA alla disciplina *Lean*: prima si definisce lo standard, poi si automatizza il controllo.
3. Usare visione artificiale e avvisi automatici dove gli sprechi sono immediatamente osservabili: l'IA è efficace se segnala deviazioni in tempo reale e riduce interventi manuali. Il vantaggio è pratico: correggere subito, prima che l'errore diventi rilavorazione o disordine strutturale.
4. Impostare un controllo "intelligente" su materiali e mercato quando l'instabilità è ricorrente. Se, come riportato nei risultati, l'andamento anomalo dei prezzi e la disponibilità dei materiali disturbano la produzione, l'uso utile dell'IA non è prevedere il mercato, ma supportare scelte operative: evidenziare materiali critici, suggerire priorità di approvvigionamento, segnalare dove una mancanza si traduce in attesa o interferenza. In sintesi: rendere visibile in anticipo dove la commessa si blocca.
5. Evitare l'errore più comune: usare l'IA per "ottimizzare" senza aver prima stabilizzato il processo. Se la produzione è instabile, l'IA tende a inseguire il rumore (eccezioni,

cambiamenti continui) invece di supportare decisioni solide. Prima si stabilizzano poche routine e criteri, poi si aumenta il livello di automazione.

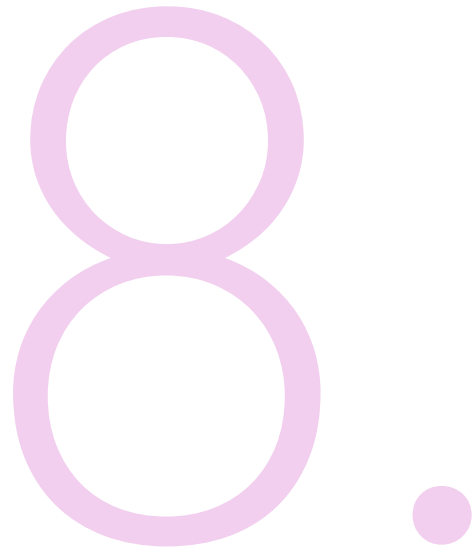
6. Impostare un percorso interno a livelli, per evitare uso casuale.

Livello 1: un assistente comune a tutti, con regole chiare di utilizzo, per attività trasversali e a basso rischio.

Livello 2: assistenti dedicati per funzione o ambito, costruiti su materiali interni selezionati e mantenuti aggiornati. Qui l'obiettivo è ridurre errori e velocizzare decisioni, senza dipendere dalla memoria dei singoli.

Livello 3: un assistente "di progetto" riutilizzabile, alimentato da dati coerenti e strutturati provenienti dalle commesse. A questo livello l'IA diventa davvero leva operativa perché collega informazioni, segnala ricorrenze e supporta scelte preventive; la condizione necessaria è la qualità e la coerenza dei dati, altrimenti i suggerimenti restano instabili e poco credibili.

Il presente capitolo ha ricomposto in modo globale le evidenze e i temi emersi nei capitoli precedenti, trasformandoli in indicazioni operative organizzate per macroaree. In coerenza con la premessa quanto proposto deriva da una rilettura selettiva del quadro teorico e dei risultati dell'indagine empirica, con l'obiettivo di stabilizzare ciò che appare più rilevante ai fini applicativi. È necessario ribadire che le valutazioni espresse in questa sezione hanno natura interpretativa. Pur restando ancorate alle evidenze del questionario e dell'intervista, esse rappresentano una sintesi ragionata e quindi, in parte, una rielaborazione personale: mettono in relazione i risultati con vincoli, implicazioni e concetti sviluppati nella tesi, esplicitando scelte, priorità e condizioni di validità. In questa logica, le indicazioni non vanno lette come prescrizioni universali, ma come linee guida argomentate, coerenti con il percorso svolto e con i limiti del campione analizzato. Su questa base si apre l'ultimo capitolo, dedicato interamente alla proposta del modello teorico-operativo e le indicazioni qui consolidate costituiscono il principale materiale su cui si baserà.



modello TOLC

Premessa, obiettivo e valore del modello

Il presente capitolo ha l'obiettivo di tradurre, in forma organica e applicabile, quanto emerso durante lo sviluppo del seguente lavoro, attraverso la proposta di un modello teorico-operativo. La proposta che segue si fonda su tre basi:

- 1) L'inquadramento concettuale e operativo della Lean Construction, con particolare attenzione alle condizioni di applicabilità nei contesti italiano e spagnolo e agli strumenti maggiormente rilevanti;*
- 2) L'analisi della relazione tra Lean e tecnologie digitali, con specifico riferimento al potenziale dell'intelligenza artificiale come supporto ai processi;*
- 3) Le evidenze raccolte attraverso l'indagine esplorativa (questionario e intervista), successivamente raccolte nelle sintesi operative dei capitoli precedenti.*

La proposta viene formulata con riferimento congiunto a Italia e Spagna. Nel corso del lavoro, le condizioni di comparabilità tra i due contesti sono state motivate attraverso un confronto su diversi aspetti quali criticità del contesto, condizioni economiche del settore e, soprattutto, attraverso riscontri empirici; tali da rendere coerente l'elaborazione di un modello applicabile ad entrambi i Paesi e, con le dovute cautele, potenzialmente trasferibile a contesti internazionali analoghi.

Per semplicità e per poter identificare in modo univoco la proposta, il modello teorico-operativo di *Lean Construction* viene qui denominato Modello TOLC⁷ (teorico e operativo per la *Lean Construction*). Il Modello TOLC viene definito “teorico-operativo” per una ragione precisa. È “teorico” perché fondato su evidenze scientifiche, su concetti consolidati e sulle interpretazioni maturate lungo la tesi; è “operativo” perché traduce tali basi in indicazioni concrete, requisiti orientativi e scelte applicative possibili. La proposta include inevitabilmente

⁷ *La scelta della sigla ha un duplice valore: da un lato, sintetizza in modo immediato la natura della proposta, dall'altro, richiama volutamente “TO” come riferimento a Torino, inteso come piccolo omaggio alla città e all'università che ha contribuito in modo determinante alla mia formazione e al percorso accademico da cui nasce questo lavoro. Da questo punto in avanti, la proposta verrà quindi richiamata stabilmente come Modello TOLC.*

una componente logico-critica personale e, di conseguenza, alcune scelte sono frutto di una rielaborazione argomentata delle evidenze disponibili, che non pretendono di essere esaustive o universalmente valide. In questo passaggio rientrano anche elaborazioni sviluppate in modo personale a partire dal quadro teorico: ad esempio, la formalizzazione delle quattro barriere C.O.R.A., proposta come chiave di lettura sintetica delle principali condizioni che ostacolano l'avvio e la stabilizzazione dell'adozione.

Inoltre, è importante chiarire che l'obiettivo del capitolo non è proporre un modello come costruzione astratta o fine a sé stessa. L'intento è offrire un contributo che sia, allo stesso tempo, utile sul piano operativo per chi intende avvicinarsi alla *Lean Construction* o consolidarne l'applicazione e rilevante sul piano della discussione scientifica, perché prova a ricomporre in modo ordinato un insieme di contenuti che spesso risultano frammentati tra teoria, casi e applicazioni settoriali. In questa logica, la tesi è concepita come un riferimento complessivo sul tema: ricostruisce l'origine e l'evoluzione dell'approccio *Lean* nelle costruzioni, presenta strumenti e logiche applicative, integra contributi pratici e reali di chi già adotta e raccoglie materiali e documenti particolarmente significativi. Il seguente capitolo si inserisce quindi come sintesi "utilizzabile": un insieme di linee guida orientate alla pratica, che restituiscono al lettore un percorso coerente e replicabile. Dal punto di vista contenutistico, la proposta è organizzata per fasi e si articola su tre destinatari principali, introducendo per ciascun caso un percorso a fasi, con indicazioni essenziali, requisiti orientativi e criteri di applicazione:

- (i) Organizzazioni che non hanno mai adottato la *Lean Construction* e intendono avviare un percorso sostenibile;
- (ii) Organizzazioni che già adottano e vogliono consolidare, estendere e integrare l'approccio;
- (iii) Istituzioni, quali: università, soggetti normatori e, più in generale, attori con capacità di indirizzo, per i quali vengono formulate indicazioni e proposte in grado di favorire condizioni di adozione più mature e meno episodiche.

Il capitolo si conclude con un paragrafo dedicato ai benefici per il committente, intesi come ulteriore valore aggiunto e incentivo all'adozione. Un ultimo concetto chiave, coerente con l'impostazione del lavoro, riguarda il valore della condivisione di esperienze e casi studio. Le realtà che hanno già adottato metodologie *Lean* possono diventare un punto di riferimento concreto per altre organizzazioni, contribuendo a diffondere una cultura basata sull'efficienza e sul miglioramento continuo. In un settore dove l'adozione è spesso ostacolata da incertezza,

scarsa conoscenza e timori legati ai benefici, l'esistenza di esempi reali, spiegati in modo chiaro e trasferibile, riduce la distanza tra teoria e applicazione e accelera la maturazione di nuove iniziative. Per questa ragione, la proposta valorizza in modo esplicito i riscontri provenienti da chi già applica la *Lean*, assumendoli come riferimento per trasformare principi generali in indicazioni pratiche.

8.1 Modello TOLC: non adottanti.

Scopo e logica

Questa versione del Modello TOLC è pensata per le organizzazioni che non hanno mai adottato *Lean Construction*, oppure che l'hanno solo "sfiorata" senza riuscire a renderla stabile. L'obiettivo a questo punto del lavoro non è più convincere chi è indeciso, ma orientare chi ha già deciso di approfondire e vuole capire come partire senza sbagliare i primi passi. Il punto centrale è che la *Lean Construction* non funziona come un pacchetto di strumenti da applicare a caso. Funziona quando diventa un modo più ordinato di governare lavoro, tempi, persone e criticità. Per questo il Modello TOLC non propone una sequenza rigida di strumenti, ma un percorso a fasi: ogni fase ha un senso preciso e prepara la successiva. La logica è semplice:

- Prima si costruiscono le condizioni minime (persone, tempo, routine, obiettivi);
- Poi si passa a una prima applicazione concreta su un ambito delimitato;
- Quindi si lavora per stabilizzare ciò che funziona;
- Infine, si può estendere l'approccio senza perdere qualità.

In altre parole, l'avvio non coincide necessariamente con l'applicazione ad un progetto pilota. Può iniziare anche con poche pratiche mirate, purché siano applicate con continuità e con una routine che permetta di correggere e migliorare. È proprio questa continuità, spesso sottovalutata, che distingue un tentativo isolato da un percorso reale.

All'interno della sezione, ogni fase viene descritta in modo operativo, mantenendo una struttura costante per rendere la lettura chiara e utilizzabile: obiettivi, requisiti orientativi, azioni

consigliate, errori tipici, risultati attesi. L'idea è che il lettore possa riconoscersi facilmente nella fase in cui si trova e capire cosa fare, senza perdersi in concetti astratti.

Con questa impostazione, il Modello TOLC mira a ridurre due rischi tipici dell'avvio: (i) partire in modo disordinato e poi concludere che “la *Lean* non funziona”; (ii) fermarsi dopo poco perché mancano responsabilità, tempo e metodo. Le fasi successive sono quindi pensate per accompagnare l'adozione in modo progressivo, fino a renderla stabile e sostenibile.

8.1.1 I Fase: preparazione interna

Obiettivo

Nel Modello TOLC, la preparazione interna è il punto in cui si decide se la *Lean Construction* diventerà un percorso reale oppure un tentativo isolato destinato a spegnersi. Non è una fase teorica: è il momento in cui l'organizzazione costruisce le condizioni minime per partire con ordine, senza improvvisare e senza creare aspettative sbagliate. L'idea è semplice: prima di fare *Lean*, bisogna rendere possibile fare *Lean* bene.

Requisiti orientativi

Questa fase non richiede rivoluzioni, ma alcune scelte chiare. In pratica, servono quattro cose:

- Un referente interno
Non serve una figura esclusiva. Serve una persona che “tenga il filo”: coordina, raccoglie *feedback*, protegge la continuità quando aumentano le urgenze. Esempio: un responsabile di commessa, un capocantiere, un tecnico di ufficio che già conosce il progetto e ha credibilità interna.
- Tempo e responsabilità definite
Se nessuno ha tempo, nessuno potrà mantenere il percorso. Anche poco tempo va bene, purché sia dichiarato e protetto. Esempio: una riunione breve (20–30 minuti), ma fissa a cadenza settimanale per rivedere cosa si è fatto e cosa correggere.
- Informazione e formazione selettiva
Non serve studiare tutto. Serve capire bene: cos'è la *Lean*, cosa cambia nel modo di lavorare, cosa si può ottenere e in che tempi. Chi parte senza queste basi rischia di confondere la *Lean* con una “lista di strumenti” e di scoraggiarsi presto.

- Un ambito reale su cui intervenire

La *Lean*, in questa fase, si adotta su una criticità o un processo concreto. Esempio: disordine in cantiere, ritardi ricorrenti in una fase, rilavorazioni, mancanza di coordinamento tra squadre, passaggi di consegne confusi.

Azioni consigliate

Per rendere operativa la preparazione interna, il Modello TOLC suggerisce un percorso essenziale, fatto di pochi passi ma eseguiti bene.

- 1) Chiarire il “perché” in modo pratico

Non basta dire “vogliamo essere efficienti”. Meglio definire un obiettivo osservabile: ridurre rilavorazioni, stabilizzare le consegne, migliorare coordinamento, ridurre tempi morti. Questo aiuta anche a scegliere pratiche coerenti e a evitare dispersione.

- 2) Costruire una base comune di linguaggio

È utile allineare i soggetti coinvolti su alcuni concetti base, senza formalismi:

- cosa significa spreco nel nostro contesto;
- perché i problemi vanno resi visibili (non coperti);
- perché continuità e disciplina contano più dell’entusiasmo iniziale.

- 3) Definire una routine minima di gestione

Definito un momento stabile, ogni riunione deve sempre avere questi obiettivi minimi:

- si guarda cosa è successo;
- si individuano blocchi e cause;
- si decidono azioni semplici;
- si verifica la settimana dopo se hanno funzionato.

Una routine minima può essere anche breve, ma deve essere stabile. È meglio una routine semplice che esiste davvero, rispetto a un piano perfetto che non parte mai.

- 4) Scegliere l’ambito iniziale e stabilire il perimetro

In questa fase si delimita: un processo, una fase del progetto, una squadra. Scopo: imparare velocemente, con rischio controllato, e creare un primo esempio interno credibile da poter replicare.

Errori tipici da evitare

- Partire dagli strumenti senza aver chiarito obiettivi e ruoli: confusione, sforzo alto, beneficio poco percepibile.
- Affidare tutto senza costruire capacità interna: un supporto esterno può aiutare, ma se l'organizzazione non impara, appena finisce il supporto finisce anche il percorso.
- Aspettarsi risultati immediati: il miglioramento vero richiede continuità. Se si pretende il salto immediato, si crea frustrazione e la *Lean* viene giudicata inutile.

Risultati attesi

Se la preparazione interna è fatta bene, alla fine devono essere chiari:

- Chi guida e chi partecipa;
- Su quale ambito si parte;
- Quale routine si userà per non perdere continuità;
- Quali obiettivi osservabili si vogliono migliorare.

Non serve altro, ma questo serve davvero. Una volta costruite queste basi, la Lean smette di essere un'intenzione e diventa un'azione concreta: la II Fase consiste nel passare dalla preparazione alla prima applicazione concreta, scegliendo poche pratiche coerenti e facendole funzionare sul campo.

8.1.2 II Fase: prima applicazione concreta

Obiettivo

La seconda fase del Modello TOLC serve a passare dalla preparazione alla pratica, con lo scopo di far partire una prima applicazione concreta che si mantenga nel tempo, anche quando aumentano urgenze e imprevisti.

L'obiettivo è semplice: scegliere poche pratiche coerenti con i problemi reali e farle funzionare sul campo. Se questa fase è impostata bene, l'organizzazione ottiene un risultato decisivo: credibilità interna.

Come scegliere che strumento applicare

In questa fase non si sceglie lo strumento più famoso. Si parte dal bisogno reale. Per farlo, però, è necessaria una condizione di base: conoscere almeno i principali strumenti e le principali logiche della *Lean Construction*, così da avere un ventaglio di alternative tra cui scegliere. Nel presente lavoro tali strumenti sono stati descritti in modo specifico e, in ogni caso, risultano facilmente consultabili nella letteratura di riferimento: senza questa conoscenza minima, la scelta rischia di essere casuale e poco coerente con le criticità da affrontare. Detto questo, il Modello TOLC propone un criterio semplice: selezionare pratiche che rendano il processo più governabile, prima ancora di inseguire grandi risultati. Un modo utile per orientarsi è collegare tipi di criticità a strumenti sensati, di seguito vengono espresse alcune indicazioni a riguardo:

Per criticità legate a disordine e confusione operativa (sul campo)

Una base iniziale efficace è lavorare su pratiche “educative”, perché aiutano a mettere ordine nel modo di operare e rendono più chiaro il lavoro:

- 5S (ordine e standard operativi minimi)
- Kanban (gestione visuale dei flussi e delle priorità)
- Heijunka (livellamento del carico e maggiore regolarità operativa)

Queste pratiche, anche combinate, sono particolarmente adatte all’avvio perché: (i) sono applicabili in modo progressivo, (ii) generano benefici percepibili anche nel breve periodo, (iii) abitano a ragionare per flussi, vincoli e stabilità.

Per criticità legate a slittamenti e interferenze tra squadre

In questi casi serve una pratica che costringa a pianificare in modo preciso e coordinato. *Last Planner System* (LPS) è particolarmente utile, ma va approcciato con un’idea chiara: non è un adempimento formale, è un metodo per aumentare l’affidabilità della pianificazione. Si propone, almeno nelle fasi iniziali, di adottarne una versione semplificata: applicarlo solo su una singola fase/area del progetto e con un numero ridotto di momenti di coordinamento, mantenendo però la logica di base (pianificazione condivisa e attenzione ai vincoli) senza introdurre da subito tutta la struttura completa.

Per criticità legate a materiali, forniture e risorse gestite male

In questo caso è sensato introdurre una logica *Just in Time* (JIT): è una delle modalità più concrete per ridurre sprechi e interferenze, ma richiede disciplina e coordinamento. Il consiglio

è partire in modo misurato, concentrandosi su ciò che impatta davvero il lavoro quotidiano, evitando di mettere in discussione tutto fin dal primo tentativo.

Per criticità legate a collaborazione tra attori e conflittualità operativa

Quando il problema principale è la frammentazione tra ruoli e la difficoltà di prendere decisioni condivise, *Integrated Project Delivery* (IPD) nella sua forma completa può risultare complesso da attivare subito. Tuttavia, si suggerisce di adottarne progressivamente le logiche collaborative anche in forma interna: trasparenza, obiettivi comuni, responsabilità chiare e gestione congiunta dei problemi. L'obiettivo è costruire un modo di lavorare più integrato che, se efficace, può essere esteso nel tempo.

Note sulla terminologia

I nomi degli strumenti (*5S, Kanban, Heijunka, LPS, JIT, IPD*, ecc.) sono utili per dialogare con la letteratura e con chi è già formato. Tuttavia, sul piano operativo, la terminologia non deve diventare un ostacolo. Si suggerisce di usare o ragionare su parole e termini più intuitivi: questo facilita la comprensione dei soggetti coinvolti. L'importanza non sta nel dire "Last Planner System" al posto di "pianificazione collaborativa", ma come queste pratiche vengono applicate, con quale continuità e con quali responsabilità, non il nome con cui vengono presentate.

Azioni consigliate

Una volta scelte le pratiche coerenti con le criticità principali, l'applicazione deve essere impostata con poche regole chiare. Il Modello TOLC propone un'impostazione essenziale:

1) Selezionare 1-2 pratiche e dichiarare il perimetro

La scelta deve essere limitata e chiara: un ambito, un gruppo coinvolto, un orizzonte temporale minimo per valutarla. È preferibile fare poco ma in modo stabile, piuttosto che avviare più pratiche senza continuità.

2) Definire regole operative essenziali

All'inizio servono poche regole ripetibili: chi fa cosa, quando si aggiorna, come si gestiscono criticità e vincoli. Regole semplici aumentano adesione e qualità.

3) Tenere traccia in modo minimale

Non servono report lunghi: basta una memoria operativa semplice che permetta di capire, in modo chiaro e verificabile, se le pratiche introdotte stanno producendo effetti positivi, nulli o negativi. Lo scopo è avere sempre un riferimento aggiornato ed oggettivo.

Errori tipici da evitare

- Cambiare pratica o approccio troppo spesso: senza continuità, non si capisce cosa funziona davvero.
- Ampliare troppo presto: l'estensione va fatta solo dopo aver stabilizzato e reso ripetibile ciò che funziona.
- Trasformare le pratiche in burocrazia: se diventano adempimenti, perdono senso. devono risolvere problemi reali.
- Aspettarsi che lo strumento compensi mancanze organizzative: responsabilità, coordinamento e disciplina restano condizioni decisive, lo strumento non le sostituisce.

Risultati attesi

Se la fase è impostata bene, ci si aspetta:

- Una prima applicazione concreta che duri abbastanza da produrre apprendimento;
- Un miglioramento concreto osservabile (ordine, meno blocchi ricorrenti, miglior coordinamento, ecc.);
- Regole semplici e rispettate;
- Un esempio interno credibile, che renda naturale passare alla fase successiva.

Quando una prima applicazione produce risultati osservabili e ripetibili, il passo successivo è evitare che resti un episodio: la III Fase serve a stabilizzare e rendere ripetibile ciò che funziona, con standard minimi e disciplina operativa.

8.1.3 III Fase: consolidamento e replicabilità dell'applicazione

Obiettivo

Nel Modello TOLC, la terza fase ha lo scopo di trasformare la prima applicazione concreta in un riferimento interno stabile e replicabile. In altri termini, non si tratta solo di continuare, ma di consolidare quanto appreso in modo tale che la pratica possa essere riproposta in contesti analoghi senza dipendere dall'improvvisazione o dall'esperienza del singolo gruppo. Questa fase costituisce quindi un passaggio di controllo: serve a fissare ciò che ha funzionato, chiarire cosa va corretto e definire condizioni minime per un'estensione mirata.

Azioni consigliate

1) Formalizzazione sintetica dell'esperienza

È utile ricondurre l'esperienza iniziale a una sintesi breve e chiara: quale criticità si è affrontata, con quale pratica, con quali condizioni minime e con quali risultati osservati. L'obiettivo è renderla comunicabile e trasferibile all'interno dell'organizzazione.

2) Predisposizione di un impianto replicabile

Fissare gli elementi davvero necessari perché la pratica possa funzionare anche altrove. Esempio: se la pratica riguarda ordine e gestione visuale, è sufficiente definire pochi standard di riferimento e una modalità di gestione del flusso; se riguarda pianificazione, è sufficiente rendere esplicito come vengono gestiti vincoli e impegni a breve termine.

3) Definizione di criteri minimi di efficacia

Prima di estendere l'applicazione, chiarire cosa significa, in modo verificabile, che la pratica "sta funzionando": pochi segnali concreti (ad esempio minori rilavorazioni, minori interferenze tra squadre). Questo passaggio evita estensioni basate solo su percezioni.

4) Verifica in un contesto analogo prima

Riproporre l'applicazione in un secondo ambito analogo e controllato, per verificare che l'esperienza non sia stata un caso isolato. Se la pratica regge anche in un contesto diverso ma comparabile, l'organizzazione dispone di un riferimento più robusto e può procedere con maggiore sicurezza verso l'estensione.

Risultati attesi

Al termine della fase, l'organizzazione dovrebbe disporre di:

- Una sintesi chiara dell'esperienza iniziale,
- Un insieme di elementi essenziali che la rendano replicabile,
- Criteri minimi per valutarne l'efficacia,
- Una prima conferma di trasferibilità su un ambito analogo.

Quando l'applicazione è stata consolidata e resa replicabile, il passo successivo consiste nel completare ciò che nelle fasi iniziali era stato volutamente semplificato, rafforzando competenze interne e portando gli strumenti a un utilizzo più completo. La IV Fase accompagna quindi questa transizione verso una maggiore maturità applicativa.

8.1.4 IV Fase: completamento del percorso

Obiettivo

Dopo avvio, prima applicazione e consolidamento, l'organizzazione ha dimostrato che l'approccio regge. A questo punto l'obiettivo è completare i passaggi che nelle prime fasi erano stati volutamente alleggeriti, rafforzare le competenze interne e portare le pratiche a un livello di utilizzo più completo e affidabile. In questa fase la *Lean* smette definitivamente di essere trattata come primo approccio e diventa una metodologia stabile nella gestione dei processi.

Azioni consigliate

1) Rafforzare la formazione e creare più competenze

Nelle fasi iniziali era sufficiente un'informazione selettiva e un livello base per partire con ordine. Qui, invece, conviene fare un salto di qualità: formazione più mirata e più completa su principi e strumenti, sempre orientata all'applicazione reale. Il punto chiave è costruire più figure interne capaci di leggere i problemi, proporre soluzioni e mantenere continuità. Questo è un vantaggio strutturale: nel tempo emergono più punti di vista competenti, e il miglioramento continuo non dipende da una singola persona (o da un singolo team), ma diventa più naturale e diffuso.

2) Passare alle versioni più robuste e complete degli strumenti

Se nelle prime fasi alcuni strumenti potevano essere adottati in modo più "essenziale", qui ha senso usarli sfruttando il loro completo potenziale.

- *Last Planner System*: a maturità raggiunta, l'adozione può diventare più integrale. L'idea è quella di aumentare l'affidabilità della pianificazione, lavorando in modo sistematico su vincoli e impegni, coinvolgendo più figure interessate.
- *5S / Kanban / Heijunka*: se prima erano strumenti "educativi" e utili per ridurre disordine e ritmi instabili, qui vanno resi più coerenti con la gestione complessiva e agganciati a pianificazione e stabilità operativa.
- *JIT*: se è stato avviato in modo misurato, qui può essere esteso in modo più consapevole sulle più categorie di materiali/forniture che impattano tempi, interferenze e qualità.

- *IPD* (logiche collaborative): se nelle prime fasi si sono sperimentate forme interne e graduali, qui si può consolidare l'approccio: rendere più stabile la collaborazione tra progettazione/esecuzione e, quando possibile, allargare gradualmente il perimetro includendo anche soggetti esterni chiave.

3) Introdurre l'intelligenza artificiale come supporto

In questa fase introdurre l'IA come supporto ha senso perché l'organizzazione ha già routine più stabili e, soprattutto, una base minima di metodo. L'introduzione va fatta gradualmente:

- Primo passo: introdurre un minimo di informazione/formazione interna per un utilizzo orientato, così da ridurre diffidenza e improvvisazione.
- Secondo passo: renderla accessibile (se non lo è già) come supporto operativo diffuso, utile su attività ripetitive e consultazioni rapide.
- Terzo passo: iniziare a creare supporti più mirati su ambiti specifici e, dove la base dati lo consente.

Risultati attesi

A fine IV Fase, l'organizzazione dovrebbe ottenere tre cose molto concrete:

- Più competenze interne solide e distribuite;
- Strumenti *Lean* usati in modo più completo, quindi più affidabili e a maggiore impatto;
- Una prima integrazione sensata dell'IA, proporzionata alla maturità raggiunta e pronta a essere sviluppata meglio in seguito.

Le fasi descritte completano il percorso di avvio del Modello TOLC trasformando un primo insieme di pratiche sperimentate e consolidate in un approccio più maturo: non più sostenuto dall'entusiasmo iniziale, ma alimentato da competenze interne distribuite, strumenti utilizzati con maggiore consapevolezza e una progressiva capacità di migliorare in modo continuo e misurabile.

A partire da queste condizioni, il percorso successivo del Modello TOLC si rivolge alle organizzazioni che già adottano *Lean Construction*: in questo caso l'obiettivo non è più avviare e stabilizzare, ma sfruttarne il massimo potenziale ed estenderne l'impatto sull'intera organizzazione, rendendola tratto distintivo di efficienza e affidabilità.

8.2 Modello TOLC: adottanti

Scopo e logica

Questa sezione del Modello TOLC è pensata per le organizzazioni che già applicano *Lean Construction* in modo continuativo e che hanno superato la fase di avvio. Non si tratta più di capire se adottare o come iniziare, ma di comprendere come far evolvere l'approccio, come renderlo centrale nei processi aziendali e come utilizzarlo per ottenere un vantaggio operativo reale e riconoscibile. Se nella versione precedente il rischio principale era partire male o fermarsi troppo presto, qui il rischio è diverso: applicare la *Lean* in modo corretto ma non pienamente valorizzato, lasciandola confinata a singole commesse, a singoli team o a strumenti utilizzati senza una visione complessiva. Un'impresa che adotta già *Lean* non deve più dimostrare che funziona; deve chiedersi fino a che punto la sta sfruttando davvero.

Il presupposto di questa sezione è chiaro: la *Lean Construction*, quando è matura, non è un insieme di pratiche operative, ma una modalità strutturata di governo del lavoro. Questo implica tre passaggi evolutivi fondamentali:

- Trasformare la *Lean* in un riferimento stabile per l'intera organizzazione, non solo per alcune funzioni o progetti;
- Integrare in modo coerente strumenti, dati e responsabilità;
- Utilizzare la componente digitale e l'intelligenza artificiale come leve di efficienza e controllo, non come elementi accessori.

La logica non è aggiungere complessità, ma aumentare coerenza e capacità decisionale. Questo significa dotarsi di una *governance* chiara, di strumenti informatici adeguati e di un utilizzo progressivo dell'IA che supporti pianificazione, controllo, prevenzione degli errori e gestione dei rischi. A differenza della sezione dedicata ai non adottanti, qui non si propone un percorso di avvio graduale, ma un percorso di potenziamento. L'intento non è descrivere principi generali già noti, ma fornire indicazioni che un'impresa adottante possa effettivamente utilizzare per fare un passo ulteriore.

In sintesi, se la prima sezione del Modello TOLC rispondeva alla domanda “come iniziare senza sbagliare?”, questa risponde a una domanda diversa e più esigente: “come rendere la *Lean* un sistema evoluto, capace di generare valore stabile e di adattarsi ad ogni contesto?”.

8.2.1 I Fase: stabilizzazione e settore di coordinamento

Obiettivo

Per un’impresa che adotta pratiche *Lean Construction*, l’obiettivo è sfruttarne il massimo potenziale e trasformarla in un *modus operandi* aziendale riconoscibile e coerente in tutte le aree. In questa prospettiva la *Lean* diventa anche un elemento distintivo di efficienza, affidabilità e capacità di collaborazione con la filiera.

Requisiti minimi

Questa fase è particolarmente adatta a imprese medio-grandi (per struttura e disponibilità di risorse), resta valida anche per realtà più piccole con un adattamento in scala, ma sono necessari:

- Una direzione e un’intenzione operativa chiara;
- Figure e responsabilità definite;
- Routine costanti e strumenti consolidati.

Azioni consigliate

1) Istituire un settore dedicato allo sviluppo *Lean* e la sua sostenibilità

Istituire un settore dedicato, proporzionato alla dimensione aziendale, con compiti pratici e misurabili. Il presidio deve lavorare in modo continuativo su quattro ambiti:

- Standard essenziali che rendano l’applicazione coerente tra commesse senza generare burocrazia;
- Supporto operativo, con affiancamento e correzioni sul campo quando l’applicazione perde efficacia;

- Aggiornamento continuo, con formalizzazione rapida di ciò che funziona e di ciò che va evitato;
- Sviluppo e miglioramento della componente digitale, intesa come insieme di strumenti informatici, regole minime sui dati e modalità di utilizzo che rendano le pratiche più semplici da applicare e più facili da mantenere nel tempo

2) Rendere visibile la qualità dell'applicazione e guidare gli interventi correttivi

Per evitare che la Lean resti forte solo dove ci sono persone particolarmente capaci, il settore dedicato deve introdurre un controllo periodico e concreto della qualità di esecuzione. Una verifica mirata su alcune commesse, finalizzata a capire dove il metodo produce valore e dove invece si è trasformato in routine ripetute senza impatto. L'idea è semplice: osservare l'applicazione reale, individuare i punti di frizione ricorrenti, ricondurli a cause operative, e intervenire aggiornando standard, modalità di coordinamento e strumenti di supporto. Questo trasforma il miglioramento continuo da principio teorico a pratica concreta e guidata.

3) Evitare l'accumulo e proteggere il valore

In fase matura il rischio non è solo perdere disciplina, ma accumulare pratiche e adempimenti che consumano tempo senza migliorare decisioni e prestazioni. Serve quindi una regola chiara di sostenibilità: ogni pratica e ogni strumento devono giustificarsi attraverso un contributo riconoscibile al controllo operativo, alla prevenzione di errori, alla riduzione di rilavorazioni o alla maggiore prevedibilità dei risultati. Quando questo contributo non è più evidente, la scelta corretta non è insistere, ma semplificare o riprogettare. Questa logica vale anche per la componente digitale: se un sistema richiede dati onerosi poco determinanti, finisce per indebolire l'approccio e generare resistenze. La semplificazione, se ragionata, mantiene la *Lean* sostenibile.

Errori da evitare

- Formalizzare il settore *Lean* solo sulla carta, senza attribuirgli reale autorità operativa o senza collegarlo alle decisioni strategiche. In assenza di legittimazione interna, il settore dedicato al coordinamento diventa consultivo e perde efficacia.

- Separare sviluppo *Lean* e sviluppo digitale, trattandoli come percorsi paralleli. Se strumenti informatici e pratiche operative non evolvono insieme, si crea disallineamento tra metodo e tecnologia.
- Difendere strumenti o routine, senza valutarne periodicamente l'effettivo contributo ai risultati. L'accumulo non governato indebolisce credibilità e coinvolgimento.

Risultati attesi

- *Lean* riconoscibile e coerente tra progetti e aree aziendali, con modalità operative comparabili e leggibili anche dall'esterno.
- Maggiore prevedibilità delle prestazioni, grazie a metodi stabili e strumenti allineati agli obiettivi.
- Riduzione delle inefficienze strutturali, non solo attraverso singole ottimizzazioni, ma tramite un miglior governo dei processi.
- Migliore capacità di apprendimento organizzativo, con trasferimento rapido delle esperienze tra commesse e aggiornamento continuo degli standard.
- Base solida per l'evoluzione digitale e per l'integrazione dell'intelligenza artificiale, che potrà innestarsi su processi chiari e dati coerenti, aumentando l'efficacia senza generare complessità inutile.

Una volta definita una struttura organizzativa chiara e un presidio stabile, la II Fase consiste nel tradurre questa impostazione in strumenti e sistemi digitali concreti, capaci di sostenere e potenziare l'applicazione operativa della *Lean*.

8.2.2 II Fase: strumenti e supporto dell'IA

Obiettivo

Dopo aver stabilizzato l'assetto organizzativo, l'impresa adottante deve portare la *Lean* a un livello operativo superiore: rendere strumenti e tecnologia parte integrante dell'esecuzione, non semplici supporti accessori. In questa fase l'obiettivo non è usare più strumenti, ma far sì che routine di pianificazione o strumenti come *Last Planner System*, *Just In Time* e *Integrated*

Project Delivery siano sostenuti da sistemi digitali capaci di guidare l'applicazione anche quando cambiano progetto, team o complessità.

Requisiti minimi

- Presidio interno in grado di dialogare con area IT o fornitori software.
- Base dati strutturata e coerente tra commesse.
- Pieno controllo su routine e strumenti *Lean* adottati.

Azioni consigliate

1) Integrare *Last Planner System* in piattaforme strutturate

Il Last Planner System non può restare una lavagna o un foglio condiviso. In fase evoluta deve essere integrato in sistemi di pianificazione lavori, software di gestione e piattaforme collaborative. L'obiettivo è che, inseriti dati chiave (attività, vincoli, risorse, sequenze), il sistema sia in grado di: generare automaticamente una prima struttura di piano, evidenziare interferenze, segnalare vincoli, produrre report sintetici per riunioni, ecc.

2) *Takt Planning* e *Just In Time* personalizzati

In imprese medio-grandi, *Takt Planning* e *Just In Time* devono essere supportati da sistemi in grado di: simulare saturazione risorse, collegare approvvigionamenti a programmazione reale, generare alert su scostamenti, ecc. Qui il salto di qualità sta nella configurazione personalizzata del software sui dati aziendali reali. Non si tratta di acquistare una piattaforma generica, ma di costruire un ambiente coerente con: tipologie di progetto ricorrenti, struttura organizzativa, fornitori abituali, tempi medi reali, andamento dei prezzi di mercato, ecc.

3) Gestione qualità e sistemi visivi

In contesti dove errori e rilavorazioni incidono significativamente, l'utilizzo di sistemi di visione artificiale per individuazione difetti, controllo rispetto a standard 5S, gestione rifiuti in cantiere, ecc., può diventare una leva concreta. Una possibile applicazione consigliata è la gestione rifiuti con sistemi visivi, se il cantiere è sufficientemente strutturato, è una delle applicazioni più efficaci perché:

- Riduce sprechi senza richiedere formazione complessa;
- Rafforza il rispetto di standard e ordine;

- Genera benefici immediati e tangibili.

Va però valutata la sostenibilità economica e tecnica: servono telecamere, algoritmi, e adattamento al cantiere reale. Non è una soluzione universale, ma è una delle tante applicazioni (affrontate nel presente lavoro) capace di generare benefici tangibili.

4) Utilizzare IA come supporto decisionale interno

Un'applicazione particolarmente coerente con la maturità *Lean* dell'organizzazione è il supporto alle riunioni operative: sintesi automatica criticità, evidenza vincoli ricorrenti, suggerimenti basati su storico dati., ecc. Tuttavia, è efficace solo se i dati sono coerenti, continuativi e di qualità.

Errori da evitare

- Digitalizzare pratiche senza prima averle consolidate.
- Acquistare software senza configurazione sui processi reali.
- Moltiplicare piattaforme non integrate tra loro.

Risultati attesi

- Maggiore coerenza tra commesse.
- Migliore qualità decisionale.
- Riduzione di rilavorazioni e scostamenti.
- Maggiore capacità di controllo in contesti complessi.

Una volta che strumenti e tecnologie di supporto sono integrati nei processi, l'impresa è nelle condizioni di estendere la propria maturità oltre i confini organizzativi, coinvolgendo in modo strutturato anche attori esterni.

8.2.3 III Fase: estensione e collaborazione oltre i confini dell'organizzazione

Obiettivo

Portare la maturità *Lean* oltre i confini interni all'organizzazione, trasformando la collaborazione con progettisti, fornitori, subappaltatori e committenza in un processo strutturato. In questa fase l'impresa non si limita ad applicare *Lean* internamente, ma utilizza la propria esperienza, i propri strumenti e i propri dati per orientare il modo di lavorare degli attori esterni, rendendo la collaborazione un elemento operativo e non una dichiarazione astratta.

Requisiti minimi

- Struttura interna consolidata (I Fase).
- Strumenti digitali integrati e dati coerenti (II Fase).
- Capacità di produrre evidenze rapide su tempi, scostamenti, criticità e benefici.

Azioni consigliate

1) Formalizzare un “kit di collaborazione”

L'impresa deve essere in grado di presentare una proposta concreta di collaborazione, non generica. Questo significa predisporre un formato standard che spieghi:

- Come funziona la pianificazione condivisa.
- Quali impegni minimi sono richiesti.
- Quali dati vengono condivisi.
- Quali indicatori vengono monitorati.
- E soprattutto quali benefici sono attesi per entrambe le parti.

Il punto non è vendere, ma convincere mostrando un modello già funzionante. La collaborazione diventa così una proposta operativa.

2) Utilizzare dati e strumenti come leva alla negoziazione

Grazie ai sistemi di pianificazione, controllo e analisi, l'impresa può produrre report sintetici e oggettivi che mostrano:

- Effetti di ritardi e interferenze
- Impatto delle varianti

- Benefici della pianificazione anticipata
- Riduzione di rilavorazioni

Questi elementi consentono di spostare la discussione da opinioni a evidenze.

3) Definire livelli progressivi di collaborazione

Non tutti gli attori esterni sono pronti allo stesso grado di integrazione. È quindi opportuno prevedere più livelli di coinvolgimento da un livello essenziale, passando per un livello intermedio, fino ad un livello avanzato in cui vengono condivisi e definiti obiettivi, pianificazione, indicatori, ecc.

Errori da evitare

- Presentare la collaborazione come imposizione, senza mostrare vantaggi concreti.
- Utilizzare tecnologia in modo non trasparente.
- Confondere trasparenza con gestione non controllata di informazioni sensibili.

Risultati attesi

- Maggiore coordinamento tra impresa e soggetti esterni.
- Riduzione conflitti legati a tempi e costi.
- Rafforzamento della reputazione aziendale come organizzazione strutturata e affidabile.
- Posizionamento dell'impresa come soggetto capace di guidare processi complessi, non solo di eseguirli.

Con le tre fasi descritte, il Modello TOLC per organizzazioni adottanti non si limita a suggerire un perfezionamento tecnico dell'approccio *Lean*, ma propone un salto di livello: dalla corretta applicazione alla piena valorizzazione.

Una volta stabilizzata la struttura organizzativa, integrati strumenti digitali e reso sistematico il supporto dell'intelligenza artificiale, l'impresa non utilizza più la *Lean* come metodologia di miglioramento, ma come sistema strutturato di governo dei processi. Un'impresa che raggiunge questo livello acquisisce una capacità distintiva di coordinamento, anticipazione dei rischi, riduzione delle inefficienze e gestione trasparente. Questo posizionamento influenza il

modo in cui la filiera viene coinvolta, il tipo di contratti proposti, la qualità delle informazioni condivise e, più in generale, la cultura operativa dei progetti. Ed è proprio a questo punto che il discorso si amplia. Se l'evoluzione della *Lean* a livello aziendale rappresenta una scelta organizzativa, la sua diffusione su scala più ampia dipende anche da fattori esterni: quadro normativo, modelli contrattuali, incentivi, formazione tecnica e cultura istituzionale.

Per questo motivo, il Modello TOLC non può concludersi con il percorso per adottanti. Una *Lean* matura e sostenuta da strumenti adeguati diventa un riferimento per tutto il settore delle costruzioni e non solo. La riflessione successiva si sposta quindi dal livello dell'impresa a quello più ampio delle condizioni abilitanti, interrogandosi su quale ruolo possano avere istituzioni, enti e organismi del settore nel favorire un'evoluzione progressiva e diffusa dell'approccio *Lean Construction*.

8.3 Modello TOLC: istituzioni

Scopo e logica

Il Modello TOLC, nelle sue declinazioni per non adottanti e adottanti, mostra come l'approccio alla *Lean Construction* possa essere descritto e guidato attraverso un percorso operativo fondato su struttura, strumenti e continuità applicativa. Tuttavia, una parte rilevante delle condizioni che rendono l'approccio realmente sostenibile non dipende solo dalle scelte interne delle imprese. Anche organizzazioni mature, dotate di competenze e strumenti, possono incontrare limiti legati al contesto in cui operano: modelli di gara e di contratto, livelli di competenza, standard digitali non omogenei e, più in generale, incentivi che non sempre premiano la collaborazione e la prevenzione rispetto alla gestione delle criticità.

Per questo motivo, il modello include una sezione di riflessione dedicata a istituzioni ed enti di settore. L'obiettivo non è proporre soluzioni normative puntuali, né spostare la responsabilità all'esterno, ma individuare alcune leve sistemiche che possono ridurre le barriere più strutturali e rendere più probabile una diffusione globale della *Lean Construction*. In altri termini, se a livello aziendale il modello indica come costruire e far maturare l'approccio, a livello

istituzionale chiarisce quali condizioni possono accelerarne l'adozione e, soprattutto, evitare che rimanga un insieme di iniziative isolate.

La sezione viene quindi organizzata su tre aspetti, ciascuno trattato in modo sintetico e operativo. Per ogni aspetto si evidenzia quale tipo di ostacolo viene affrontato e quale contributo concreto può essere generato, consapevole del fatto che alcune criticità non sono solo metodologiche, ma soprattutto culturali e di sistema. Questa impostazione consente di collegare, in modo coerente, le indicazioni istituzionali, alle barriere C.O.R.A. discusse all'interno del presente lavoro (cfr. Cap. 4.3) e di chiudere il modello con una prospettiva completa che includa imprese, filiera e contesto operativo.

8.3.1 I Parte: modelli contrattuali e criteri di selezione

Obiettivo

Rendere più praticabile e conveniente la collaborazione lungo l'intero ciclo di progetto, riducendo la frammentazione decisionale e le logiche che ostacolano pianificazione condivisa, e prevenzione delle criticità

Logica di fondo

Molte pratiche *Lean*, soprattutto quelle che richiedono coordinamento anticipato e scambio affidabile di informazioni, funzionano pienamente solo se il contesto contrattuale e procedurale non spinge gli attori a proteggersi, a trasferire responsabilità o a rinviare decisioni. In un quadro in cui ruoli, obblighi e margini di collaborazione non sono chiaramente riconosciuti, l'integrazione diventa fragile: non perché manchino strumenti o competenze, ma perché mancano condizioni che rendano razionale investire in cooperazione e trasparenza. In questo senso le istituzioni possono incidere, non imponendo la *Lean*, ma rendendo più favorevole l'ambiente in cui essa si esprime.

Indicazioni operative

- Definire requisiti minimi di collaborazione: Ad esempio, richiedere un sistema di pianificazione condivisa e modalità di coordinamento con *output* minimi verificabili.

- Evitare criteri che premiano solo la compressione: Quando la selezione è orientata quasi esclusivamente agli oneri, i margini per investire in pianificazione e coordinamento si riducono. Senza estremismi, un riequilibrio dei criteri può premiare capacità organizzativa, affidabilità dei processi e gestione preventiva dei rischi, che sono coerenti alla *Lean*.
- Introdurre schemi contrattuali che rendano praticabile la gestione collaborativa: Un metodo potrebbe essere creare modelli e clausole tipo che chiariscano come gestire varianti, interferenze e decisioni condivise, evitando che ogni problema si trasformi in conflitto.
- Promuovere trasparenza informativa con confini chiari: Regole semplici su quali informazioni vanno condivise, con quali tempi e per quali decisioni verranno sfruttate.

Errori da evitare

- Confondere collaborazione con produzione di ulteriore documentazione.
- Inserire requisiti vaghi e non verificabili, che diventano solo dichiarazioni di principio.
- Spingere modelli troppo rigidi, senza prevedere un livello minimo applicabile anche a contesti meno maturi.

Risultato atteso

Un contesto in cui la collaborazione diventa meno opzionale perché riconosciuta come requisito. In questo modo si riducono ostacoli tecnici ed economici e si attenuano anche resistenze organizzative, perché il sistema premia comportamenti coerenti ad una *Lean* matura.

8.3.2 Il Parte: formazione, competenze e cultura

Obiettivo

Ridurre il divario di competenze che limita l'applicazione della *Lean Construction* e, in parallelo, favorire una cultura professionale orientata a pianificazione, prevenzione e collaborazione, rendendo queste competenze più diffuse e meno dipendenti da singole organizzazioni o figure.

Logica di fondo

Una parte delle barriere più ricorrenti non nasce dalla mancanza di interesse verso la *Lean*, ma dall'assenza di competenze realmente spendibili: come saper condurre una pianificazione collaborativa, gestire vincoli, leggere dati di produzione, impostare standard di miglioramento continuo. In molti casi, queste capacità vengono apprese solo in organizzazioni strutturate, con percorsi disomogenei e tempi lunghi. Il risultato è che la *Lean* resta legata a poche persone formate, mentre la filiera nel suo complesso continua a muoversi con logiche tradizionali. In questo quadro, il ruolo istituzionale è contribuire a rendere disponibili competenze minime e riconosciute.

Indicazioni operative

- Integrare competenze Lean nei percorsi formativi: Ad esempio, esercitazioni più mirate a pianificazione, gestione vincoli, analisi delle criticità. L'obiettivo è che i profili in ingresso nel settore conoscano già strumenti e logiche di base.
- Rafforzare l'aggiornamento professionale: Promuovere percorsi brevi e concreti rivolti a figure chiave, come responsabili di commessa, coordinatori, progettisti, direzione lavori. L'aggiornamento deve essere centrato su metodi di lavoro e decisioni tipiche, non su concetti generali.
- Collegare competenze Lean e competenze digitali: per evitare che digitale e *Lean* restino separati, è utile promuovere competenze minime anche su gestione dati, strumenti di pianificazione e logiche di utilizzo dell'intelligenza artificiale come supporto operativo. Non serve formare specialisti informatici, ma professionisti capaci di lavorare con strumenti digitali senza subirli.

Errori da evitare

- Trattare la *Lean* come contenuto puramente teorico.
- Affidare tutto a corsi lunghi e costosi, poco trasferibili nel quotidiano.
- Separare competenze *Lean* e competenze digitali, creando due percorsi che non si parlano.

Risultato atteso

Un livello medio di competenze più alto e più omogeneo, che rende la *Lean* più facile da applicare e da comprendere. La diffusione di competenze riduce la dipendenza da singole figure, attenua resistenze organizzative e crea condizioni più favorevoli anche per la

collaborazione tra attori, perché cresce il linguaggio comune e la capacità di lavorare con routine strutturate.

8.3.3 III Parte: ruolo della committenza

Obiettivo

Rafforzare il ruolo della committenza come soggetto capace di orientare l'organizzazione del progetto, valorizzando pianificazione, trasparenza e gestione preventiva delle criticità.

Logica di fondo

Anche le imprese più mature incontrano un limite evidente: la qualità organizzativa del progetto dipende in larga misura da ciò che viene richiesto, riconosciuto e valutato dalla committenza. Se il committente considera rilevanti solo tempi e costi finali, senza prestare attenzione al metodo con cui questi risultati vengono perseguiti, l'incentivo a investire in pianificazione e prevenzione si indebolisce. Al contrario, quando la committenza richiede chiarezza organizzativa e trasparenza, crea un contesto in cui la *Lean* è una modalità coerente con le aspettative del progetto. Il punto non è introdurre nuovi obblighi, ma spostare l'attenzione da una logica esclusivamente reattiva a una logica preventiva.

Indicazioni operative

- Richiedere esplicitamente un sistema organizzativo chiaro già in fase di affidamento: Una descrizione concreta di come verranno gestite pianificazione, vincoli, coordinamento e controllo avanzamento.
- Favorire trasparenza: Prevedere momenti ricorrenti di condivisione dati su avanzamento, criticità e decisioni chiave, evitando che le informazioni emergano solo in fase di contenzioso. Una committenza che partecipa attivamente ai momenti di coordinamento riduce ambiguità e incomprensioni.
- Premiare gestione preventiva delle criticità: Quando vengono riconosciuti gli sforzi orientati all'anticipazione delle criticità, si crea un incentivo coerente ai principi *Lean*. In assenza di questo riconoscimento, l'investimento viene percepito come costo non compensato.

Errori da evitare

- Limitarsi a richiedere metodi collaborativi senza verificarne l'applicazione reale.
- Introdurre requisiti organizzativi troppo dettagliati che irrigidiscono il processo invece di orientarlo.
- Utilizzare la trasparenza come strumento “sanzionatorio” anziché come leva di coordinamento.

Risultato atteso

Una committenza capace di orientare una collaborazione più efficiente e trasparente contribuisce a creare un ambiente coerente con i principi *Lean*, non solo come scelta dell'impresa, ma come condizione riconosciuta e valorizzata. In questo modo si riducono le resistenze culturali, si rafforza l'allineamento tra obiettivi e modalità operative e si rende più probabile una diffusione strutturata della *Lean Construction*.

Con questa sezione si conclude la parte tecnico-operativa del modello, articolata su organizzazioni non adottanti, organizzazioni adottanti e istituzioni, con l'obiettivo di fornire indicazioni a sostenere una diffusione più stabile e coerente dell'approccio. Tuttavia, a chiusura del modello, il lavoro contiene un dibattito aggiuntivo che amplia la prospettiva: i benefici percepiti dal committente. Nello specifico, si vuole evidenziare un aspetto spesso sottovalutato nel dibattito tecnico: le logiche *Lean* discusse nella tesi non riguardano solo chi realizza l'opera, ma anche chi la promuove, la finanzia e ne richiede il controllo. Questa prospettiva consente di completare il quadro, mostrando come l'integrazione tra *Lean Construction* e intelligenza artificiale possa generare valore non solo per le imprese, ma per l'intero settore.

8.4 Modello TOLC: benefici per il committente

Premessa

Nello sviluppo del presente lavoro, il dibattito sull'adozione della Lean Construction e dell'intelligenza artificiale (intesa come strumento di supporto e complementare agli strumenti *Lean*) si è concentrato prevalentemente su come, tali metodologie, possano incidere sull'organizzazione e sulla gestione dei processi produttivi nel settore delle costruzioni. L'attenzione è stata rivolta principalmente sugli effetti che tali approcci producono all'interno delle imprese, in termini di riduzione degli sprechi, maggiore efficienza operativa, stabilizzazione dei processi e miglioramento della produttività.

Tuttavia, come spesso sottolineato all'interno di questo lavoro, il settore delle costruzioni si caratterizza per un'elevata complessità, non ripetibilità e imprevedibilità dei processi, che coinvolgono una pluralità di attori e interessi e di conseguenza analogamente a “chi produce” anche “chi investe” non è interessato esclusivamente alla realizzazione dell'opera, ma alla qualità complessiva del processo: tempi di esecuzione affidabili, controllo dei costi, trasparenza, minori sprechi, processi più sostenibili e così via. In questo contesto, anche il punto di vista del committente assume un ruolo centrale, in quanto la realizzazione di un'opera non rappresenta esclusivamente un risultato tecnico, ma un processo articolato che richiede controllo, coordinamento e capacità di gestione delle incertezze.

Il presente paragrafo si propone pertanto di analizzare il contributo che l'integrazione tra *Lean Construction* e intelligenza artificiale può offrire dal punto di vista del committente, sia pubblico che privato, mettendo in evidenza i principali benefici diretti e indiretti che derivano dalla scelta di imprese che adottano tali approcci nella gestione dei progetti.

8.4.1 Benefici diretti

Nel settore delle costruzioni, la scelta dell'impresa esecutrice non riguarda esclusivamente aspetti tecnici o contrattuali, ma incide in modo determinante sul grado di controllo, prevedibilità e affidabilità dell'intero processo realizzativo. In questo contesto, l'adozione di

metodologie *Lean* e di strumenti basati sull'intelligenza artificiale da parte delle imprese rappresenta un fattore distintivo, capace di influenzare direttamente gli obiettivi prioritari del committente, quali il rispetto dei tempi, il controllo dei costi e la qualità complessiva dell'opera. In questa sezione vengono analizzati i benefici diretti, intesi come quelli immediatamente percepibili dal committente che si affida a imprese che adottano modelli *Lean* + IA per la gestione dei progetti.

Tempi e costi

Per il committente, uno degli aspetti più critici è l'elevata incertezza legata ai tempi di esecuzione e ai costi complessivi dell'opera. Ritardi e scostamenti rispetto alle previsioni iniziali non rappresentano solo un problema temporale o economico, ma finiscono per complicare l'intero processo decisionale e gestionale, generando continui aggiustamenti, rinegoziazioni e tensioni tra le parti coinvolte.

Le imprese che adottano metodologie *Lean* supportate da sistemi di intelligenza artificiale affrontano questa criticità con un approccio radicalmente diverso. L'IA consente di analizzare dati provenienti da numerosi interventi simili già realizzati, confrontando centinaia di casi, condizioni operative e variabili di contesto (cfr 4.4.1). Su questa base, tempi e costi non derivano più esclusivamente da valutazioni soggettive, ma da analisi statistiche e predittive fondate su dati reali, che permettono di costruire stime più coerenti con la complessità effettiva del progetto. Per un committente pubblico, ad esempio, disporre di cronoprogrammi e quadri economici costruiti su scenari probabilistici, con una chiara indicazione dei margini di variabilità e delle probabilità di rispetto delle scadenze, permetterebbe una programmazione più consapevole dell'intervento e una riduzione del rischio di fruizione dell'opera nei tempi previsti.

Analogamente, per un committente privato, scegliere imprese che sfruttano processi *Lean* e utilizzano l'IA come base per stime temporali ed economiche derivate dall'analisi di interventi analoghi, significa ottenere risultati più affidabili. Inoltre, in questo contesto, il committente non riceve semplicemente un prezzo o una durata stimata, ma se lo ritiene opportuno può valutare personalmente la credibilità del processo di pianificazione, comprendendo quali siano i principali fattori di rischio e quanto le previsioni siano supportate da dati concreti.

Qualità e riduzione delle criticità future

La qualità dell'opera non rappresenta per il committente un beneficio astratto, ma una garanzia concreta rispetto alla futura fruizione dell'immobile o dell'infrastruttura. La scelta di imprese che adottano *Lean Construction* e strumenti di IA equivale alla scelta di processi che riducono al minimo i margini di errore.

L'IA consente di confrontare le soluzioni progettuali ed esecutive con un ampio insieme di casi precedenti, individuando criticità ricorrenti e punti deboli già emersi in interventi analoghi (cfr. 4.4.1). Questo approccio permette di correggere il processo prima che l'errore si manifesti fisicamente in cantiere. Per il committente, ciò si traduce in una maggiore certezza di ricevere un'opera che non solo rispetta i requisiti iniziali, ma che è stata realizzata secondo procedure che hanno già dimostrato, in contesti simili, la loro efficacia. Ne deriva una riduzione significativa del rischio di difetti "latenti", interventi correttivi e imprevisti nel medio-lungo periodo.

8.4.2 Benefici indiretti

Accanto agli effetti immediatamente misurabili in termini di tempi, costi e qualità, l'adozione di metodologie *Lean* e di strumenti basati sull'intelligenza artificiale genera una serie di benefici **indiretti** che incidono in modo significativo sul valore complessivo dell'intervento. Tali benefici non si manifestano necessariamente in forma immediata, ma influenzano la sostenibilità del processo, la qualità della relazione tra impresa e committente e il livello di rischio associato all'investimento. In questa sezione vengono pertanto analizzati gli effetti indiretti derivanti dall'affidarsi a imprese *Lean + IA*, con particolare riferimento a processi più sostenibili e a un maggiore coinvolgimento consapevole del committente nella gestione del progetto.

Processi più sostenibili

La sostenibilità rappresenta per il committente una componente integrante del valore dell'investimento, influenzando non solo l'impatto ambientale, ma anche i costi di gestione e le prestazioni dell'opera nel lungo periodo. Le imprese che adottano metodologie *Lean + IA* affrontano questa dimensione con strumenti e processi capaci di ridurre sprechi di materiali, consumi energetici e impatti ambientali, senza compromettere tempi e qualità.

L'IA permette di analizzare dati storici relativi a consumi, efficienza energetica dei processi e performance ambientali di progetti precedenti (cfr. 4.4.1). In questo modo, la progettazione e l'esecuzione dell'opera possono essere ottimizzate in base a scenari concreti, individuando strategie per minimizzare scarti, ridurre il fabbisogno di risorse e selezionare soluzioni costruttive più efficienti dal punto di vista ambientale. Per un committente pubblico, disporre di queste informazioni significa poter valutare l'impatto delle diverse alternative progettuali, anticipare eventuali criticità normative e garantire opere conformi a standard di sostenibilità sempre più rigorosi.

Per un committente privato, scegliere imprese *Lean + IA* si traduce in edifici o infrastrutture progettati per consumare meno risorse nel corso della vita utile dell'opera, riducendo costi di gestione e manutenzione, aumentando il valore complessivo dell'investimento. Inoltre, la possibilità di verificare i dati derivati da precedenti interventi consente al committente di comprendere con maggiore chiarezza l'efficacia delle soluzioni adottate e il ritorno concreto in termini di sostenibilità, rendendo la scelta dell'impresa un elemento strategico oltre che tecnico.

In sintesi, la combinazione di *Lean Construction* e IA trasforma la sostenibilità da requisito normativo o reputazionale in un vantaggio concreto per il committente, capace di generare benefici indiretti in termini di efficienza, costi e gestione delle risorse, e al tempo stesso di ridurre l'impatto ambientale dell'opera nel lungo periodo.

Maggiore coinvolgimento, riduzione dei contenziosi e del rischio dell'investimento

Imprese che sfruttano strumenti *Lean + IA* operano attraverso processi fortemente tracciabili, nei quali dati, decisioni e avanzamenti vengono costantemente monitorati, aggiornati e resi disponibili secondo criteri chiari. Questo approccio consente al committente di essere coinvolto in modo più attivo e consapevole, non solo attraverso momenti di verifica formale, ma mediante un accesso continuo a informazioni sull'andamento del progetto.

In una situazione reale, il committente è così in grado di verificare in modo trasparente se il progetto stia procedendo secondo le previsioni iniziali, quali siano i possibili scostamenti futuri e con quale probabilità essi possano verificarsi. Il maggiore coinvolgimento del committente si manifesta soprattutto nelle fasi decisionali critiche del progetto, nelle quali diventa possibile valutare in anticipo le conseguenze delle scelte operative. Ad esempio, di fronte a una criticità legata alla sequenza delle lavorazioni o alla disponibilità di una risorsa, il committente può essere coinvolto nella valutazione di scenari alternativi, ciascuno caratterizzato da impatti

differenti su tempi, costi e livelli di rischio. In questo modo, la decisione non avviene in condizioni di emergenza, ma in una fase in cui esistono ancora opzioni percorribili.

Inoltre, la disponibilità di dati condivisi e oggettivi contribuisce a ridurre le situazioni di conflitto, poiché le decisioni vengono assunte su basi comuni e verificabili. Il coinvolgimento del committente assume così un valore sostanziale, consentendogli di partecipare in modo consapevole alle scelte che influenzano l'esito dell'opera e l'orientamento complessivo dell'intervento.

8.4.3 Considerazioni finali

Alla luce delle considerazioni sviluppate, emerge come l'adozione della *Lean Construction* e di strumenti IA non generi valore esclusivamente all'interno delle imprese, ma produca effetti diretti e indiretti di primaria importanza per il committente, che possono incidere in modo significativo sulla qualità complessiva dell'investimento.

Per il committente, pubblico o privato, la scelta di affidarsi a imprese che adottano modelli *Lean* + IA si configura quindi come una decisione strategica, orientata non solo all'esito finale dell'opera, ma alla gestione dell'incertezza che caratterizza l'intero processo costruttivo. In questo scenario, il ruolo del committente evolve da soggetto prevalentemente passivo ad attore informato e responsabile, capace di partecipare alle scelte senza sconfinare nella gestione operativa. Il valore generato dall'integrazione tra *Lean Construction* e intelligenza artificiale risiede quindi anche nella trasformazione della relazione tra chi commissiona e chi realizza l'opera, fondata su maggiore trasparenza, fiducia e allineamento degli obiettivi.

Questa prospettiva rafforza anche quanto discusso nei paragrafi precedenti. Se per l'impresa la *Lean* rappresenta un sistema di organizzazione e gestione, per il committente diventa un criterio di tutela dell'investimento e, in senso più ampio, dell'interesse collettivo. Ne deriva un punto chiave: la diffusione della *Lean* non dipende solo dalla capacità tecnica degli operatori coinvolti, ma anche dal fatto che la domanda, pubblica o privata, riconosca e valorizzi l'organizzazione del processo come parte integrante del valore del progetto. In questa logica, il committente non è un soggetto esterno al modello, ma una leva potenziale di diffusione, perché può orientare scelte, criteri e aspettative verso approcci più affidabili e trasparenti.

In sintesi, la lettura dal lato del committente completa la proposta del Modello TOLC: mostra che l'adozione di *Lean Construction* e intelligenza artificiale non è solo una questione interna alle imprese, ma un passaggio che può elevare la qualità complessiva dei progetti e contribuire a una trasformazione più stabile del settore. Di conseguenza, la selezione di imprese che adottano tali approcci non può essere considerata una semplice preferenza tecnica, ma un criterio determinante nella tutela dell'interesse del committente e della collettività. In un contesto in cui le risorse sono limitate e le aspettative in termini di qualità, sostenibilità e affidabilità sono elevate, scegliere imprese *Lean + IA* significa ridurre l'esposizione al rischio e aumentare la probabilità di generare valore reale e duraturo.

9.

conclusioni

Premessa

Questo capitolo chiude il lavoro verificando la coerenza tra obiettivi iniziali, percorso seguito e risultati ottenuti, ricomponendo il ragionamento svolto per mettere in evidenza: cosa emerge dall'impostazione teorico-empirica adottata, aspetti maggiormente critici nei due contesti analizzati e perché tali evidenze giustificano la proposta conclusiva sviluppata nella tesi.

9.1 Obiettivi, percorso e principali evidenze

Il punto di partenza del lavoro è stato trattare la *Lean Construction* come passaggio organizzativo e non come semplice introduzione di strumenti. L'obiettivo non era descrivere singole tecniche, ma comprendere in che misura l'approccio venga adottato, con quali criticità ricorrenti e con quali condizioni risulti sostenibile nei contesti italiano e spagnolo. In questa logica, l'analisi comparativa è stata impostata per costruire una base di confronto credibile: prima il quadro teorico e ragionamenti di natura economica, poi una verifica empirica tramite questionario e intervista, infine una sintesi ragionata capace di trasformare le informazioni raccolte in indicazioni utili alla proposta finale. Da un lato, la letteratura ha fornito concetti e logiche di riferimento, chiarendo perché l'avvio dell'adozione sia spesso la fase più fragile e perché le resistenze non siano solo tecniche, ma anche culturali e organizzative. Dall'altro lato, l'indagine empirica ha permesso di osservare come tali criticità si presentino nella pratica, valorizzando la lettura del quadro complessivo, con la necessaria cautela legata alla dimensione del campione.

All'interno dei riscontri raccolti, alcune evidenze risultano particolarmente rilevanti perché ricorrenti e coerenti con il quadro teorico. Un primo elemento riguarda la distribuzione dell'adozione rispetto alle caratteristiche organizzative. Nel campione del questionario, una quota minoritaria dichiara di applicare pratiche *Lean*, mentre la maggioranza non le adotta. La lettura trasversale dei dati suggerisce che l'adozione non sia casuale, ma tenda a crescere al crescere della struttura e della capacità organizzativa. Questo risultato è utile perché sposta

l'attenzione dall'idea di introdurre un metodo alla necessità di creare le condizioni minime perché quel metodo possa essere mantenuto.

Un secondo elemento riguarda la natura delle criticità percepite. Tra le organizzazioni non adottanti, emerge con forza la centralità di conoscenza e formazione come prerequisito, più che la sola valutazione economica costi/benefici. Operativamente, questo significa che l'ostacolo iniziale non è scegliere lo strumento corretto, ma rendere comprensibile e gestibile l'approccio: senza un livello minimo di competenze, l'adozione resta fragile, delegata a iniziative isolate e difficilmente scalabile. In parallelo, si conferma che le resistenze non sono riconducibili a un'unica causa: tendono invece a combinare aspetti culturali, organizzativi, tecnici ed economici. Letto nel suo insieme, questo quadro rafforza l'idea che le barriere all'adozione siano interdipendenti e che, se affrontate in modo parziale, producano risultati discontinui.

Un terzo elemento riguarda il confronto tra Italia e Spagna. Le differenze osservabili tra i due contesti appaiono riconducibili soprattutto a livelli diversi di adozione e maturità, più che a un diverso modo di concepire l'approccio. In altri termini, i riscontri empirici non suggeriscono due visioni contrapposte della *Lean Construction*, ma una linea di pensiero sostanzialmente allineata rispetto a finalità e potenzialità. Questo punto è importante perché sostiene la logica comparativa del lavoro: il confronto tra i due Paesi risulta utile non per stabilire un vincitore, ma per mettere a fuoco criticità ricorrenti e condizioni abilitanti che si ripresentano con forme simili.

Infine, un quarto elemento riguarda la natura stessa delle evidenze: i dati raccolti mostrano che la *Lean* tende a funzionare quando entra nel quotidiano operativo, cioè quando si traduce in routine, criteri di decisione, coordinamento e controllo della produzione. Quando invece resta un insieme di pratiche applicate in modo intermittente, la percezione dei benefici risulta difficile e l'approccio rischia di ridursi a sperimentazione episodica. Questa evidenza, pur semplice, è decisiva perché chiarisce il senso della proposta conclusiva: rendere l'adozione più governabile significa definire un percorso che affronti le criticità in modo ordinato e sostenibile, distinguendo l'avvio dal consolidamento.

9.2 Contributo della tesi: modello TOLC e ruolo dell'intelligenza artificiale

La proposta conclusiva sviluppata nel lavoro nasce dall'esigenza di rendere più governabile il passaggio dalla comprensione delle criticità all'azione operativa. Le evidenze emerse, lette insieme al quadro teorico, mostrano infatti che le difficoltà dell'adozione non dipendono tanto dall'assenza di strumenti disponibili, quanto dalla mancanza di un percorso ordinato che chiarisca priorità, prerequisiti e scelte coerenti nelle diverse fasi. In questa prospettiva, il Modello TOLC viene formulato come contributo teorico-operativo: teorico perché fondato sulle ricorrenze osservate e sulle logiche consolidate in letteratura; operativo perché traduce tali elementi in indicazioni applicabili, distinguendo condizioni di avvio e condizioni di consolidamento.

Un primo aspetto qualificante del modello è la distinzione tra organizzazioni non adottanti e organizzazioni già adottanti. La tesi ha mostrato che le due situazioni presentano esigenze diverse e, soprattutto, rischi diversi. Nel primo caso, il problema principale è l'innescò: costruire comprensione, responsabilità interne e prime routine essenziali, evitando che la *Lean* venga percepita come insieme di adempimenti o iniziative isolate. Nel secondo caso, il problema è la stabilità: evitare la regressione verso pratiche tradizionali quando la pressione produttiva cresce o quando cambiano i soggetti e i progetti, mantenendo continuità nei processi. La scelta di articolare il modello su due percorsi separati risponde quindi a una logica di pertinenza: ciò che aiuta a partire non è necessariamente ciò che aiuta a maturare, e viceversa.

Un secondo aspetto riguarda il livello istituzionale. Nel lavoro emerge che, in un settore dove la filiera è frammentata e la produzione è fortemente dipendente dal coordinamento, la sola iniziativa dell'impresa non è sempre sufficiente a stabilizzare un approccio che richiede continuità e standard condivisi. Per questo, il Modello TOLC include anche indicazioni rivolte a istituzioni e collettività, non come estensione teorica, ma come elemento coerente con la natura del problema: la diffusione della *Lean* non dipende esclusivamente da competenze interne, ma anche da condizioni esterne che possono incentivare stabilità e collaborazione, soprattutto quando la committenza e i vincoli contrattuali influenzano in modo significativo l'organizzazione del lavoro.

Inoltre, la tesi discute l'IA come possibile supporto operativo agli strumenti e le pratiche *Lean*, evidenziando come la sua efficacia dipenda dalla presenza di prerequisiti organizzativi quali: disponibilità e qualità dei dati, definizione di standard, competenze specifiche. In assenza di tali condizioni, l'IA rischia di diventare un intervento aggiuntivo che aumenta complessità senza favorire il processo. Viceversa, quando la *Lean* è impostata come sistema di governo della produzione, l'IA può rafforzarne l'operatività, accelerando attività ripetitive, migliorando decisioni e affidabilità delle informazioni, e rendendo più solido il controllo dei vincoli e delle interferenze. Questa impostazione consente di mantenere un messaggio coerente con l'obiettivo del lavoro: l'integrazione tra *Lean Construction* e IA non viene proposta come scorciatoia, ma come leva che amplifica un metodo già orientato al miglioramento continuo. Il Modello TOLC, in questo senso, non si limita a indicare cosa fare, ma chiarisce anche quando e a quali condizioni alcune soluzioni, inclusa l'IA, possono essere sostenibili.

9.3 Limiti e sviluppi futuri della ricerca

Come ogni lavoro di natura comparativa ed empirica, anche la presente ricerca presenta alcuni limiti che è opportuno esplicitare, non per ridurne la validità, ma per definirne correttamente l'ambito di applicabilità.

- Un primo limite riguarda la dimensione e la composizione del campione. Il questionario e l'intervista forniscono indicazioni significative e coerenti con il quadro teorico, ma non consentono generalizzazioni statistiche estese all'intero settore delle costruzioni nei due Paesi analizzati. Le evidenze emerse devono quindi essere lette come segnali potenzialmente ricorrenti, utili per orientare interpretazioni e proposte operative, non come rappresentazione esaustiva di tutte le realtà del settore.
- Un secondo limite è legato alla percezione soggettiva dei dati raccolti. Le risposte riflettono l'esperienza e la valutazione dei soggetti coinvolti, con il rischio che alcune criticità risultino sovra o sottostimate rispetto a indicatori oggettivi di prestazione. Questo elemento

non invalida le conclusioni, ma suggerisce la necessità, in sviluppi successivi, di integrare alle percezioni misurazioni dirette attraverso standard oggettivi.

- Un terzo limite riguarda la comparabilità tra Italia e Spagna. Pur avendo motivato la coerenza del confronto attraverso elementi di contesto, struttura del mercato e riscontri empirici, restano differenze normative, contrattuali e culturali che possono influenzare le modalità di adozione. Il modello proposto è quindi pensato come trasferibile con le dovute cautele, richiedendo adattamenti coerenti con le specificità locali.

Alla luce di tali limiti, si delineano alcune traiettorie di sviluppo future. Una prima direzione riguarda la validazione applicativa del Modello TOLC attraverso casi studio o progetti pilota, con osservazione diretta delle fasi di avvio e consolidamento e con misurazione dei risultati nel tempo. Un'applicazione su progetti reali consentirebbe di verificare la tenuta del percorso proposto e di raffinarne le sequenze operative. Una seconda direzione concerne l'ampliamento e la ulteriore segmentazione del campione, distinguendo per dimensione d'impresa, tipologia di opere, ruolo nel settore, ecc. Tale approfondimento permetterebbe di comprendere con maggiore precisione quali condizioni incidano maggiormente sulla sostenibilità dell'adozione e in quali contesti il percorso debba essere modulato. Una terza linea di ricerca riguarda l'integrazione tra *Lean Construction* e intelligenza artificiale. In particolare, sarebbe utile sviluppare casi misurabili con indicatori chiari. Solo attraverso una valutazione basata su dati oggettivi sarà possibile chiarire in modo definitivo in quali ambiti l'IA rappresenti un effettivo moltiplicatore di efficienza e in quali, invece, il suo contributo resti marginale o condizionato.

Nel complesso, il lavoro conferma che l'adozione della *Lean Construction* non è un passaggio meramente tecnico, ma un processo organizzativo che richiede consapevolezza e disciplina. La proposta del Modello TOLC si inserisce in questa prospettiva come tentativo di ordinare tali condizioni in una struttura leggibile e applicabile, mantenendo un equilibrio tra fondamento teorico e orientamento pratico. Con ciò si chiude il percorso avviato nell'introduzione: comprendere il livello di adozione, analizzarne le criticità ricorrenti e trasformare le evidenze raccolte in una proposta capace di sostenere una diffusione più stabile e consapevole dell'approccio *Lean Construction* nei contesti analizzati.

Bibliografia e sitografia

- Ajrotutu, R. O., Garba, B. M. P. e Olu, J. S. (2024). Advancing *Lean* construction through Artificial Intelligence: Enhancing efficiency and sustainability in project management. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 13(2), pp. 496–509. Disponibile su: <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.13.2.0623> (Consultato il 3 maggio 2025).
- Alves, T. C. L. e Tsao, C. C. Y. (2007). *Lean Construction-2000 to 2006*. *Lean Construction Journal*, 3(1), pp. 46–62. DOI: 10.60164/i2i3a5a8h. Disponibile su: https://www.researchgate.net/publication/241764630_Lean_Construction_-_2000_to_2006 (Consultato il 4 marzo 2025).
- Andreacosentino.com (n.d.). *5S-One Point Lessons*. Disponibile su: <https://www.andreacosentino.com/one-point-lessons/5s/> (Consultato il 15 gennaio 2026).
- ARPADA (n.d.). *Sito istituzionale di ARPADA-Associazione Regionale Pubblici Appaltatori dell'Andalusia*. Disponibile su: <https://arpada.net/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Artema Arquitectos (2025). *Build costs per m² in Spain: what to expect when building a home*. Disponibile su: <https://artemaarquitectos.com/build-costs-per-m2-in-spain-what-to-expect-when-building-a-home/> (Consultato il 23 novembre 2025).
- Aslam, M., Gao, Z. e Smith, G. (2020). Exploring factors for implementing *Lean* construction for rapid initial successes in construction. *Journal of Cleaner Production*, 277, art. 123295. Disponibile su: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295> (Consultato il 20 marzo 2025).
- Base.vn (2025). *Just-in-Time là gì?* Disponibile su: <https://base.vn/blog/just-in-time-la-gi/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Benjaoran, V. e Dawood, N. (2005). An application of Artificial Intelligence Planner for bespoke precast concrete production planning: A case study. *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-13)*, Sydney, Australia. Disponibile su: <https://iglc.net/Papers/Details/376> (Consultato il 3 maggio 2025).
- Berroir, F., Guernaccini, P. e Sottet, J.-S. (2023). On-site waste management: A use case of *Lean* construction and artificial intelligence synergy. *Proceedings of the 31st Annual Conference of the*

International Group for Lean Construction (IGLC31), pp. 462–473. Disponibile su: <https://doi.org/10.24928/2023/0153> (Consultato il 3 maggio 2025).

- BIMobject (2023). *Estadísticas que demuestran que BIM te ayuda a generar negocio*. Disponibile su: <https://business.bimobject.com/es/blog/estadisticas-que-demuestran-que-bim-te-ayuda-a-generar-negocio/> (Consultato il 11 marzo 2025).
- Build.it (2025). *Build.it-Informationi, guide e risorse per il settore delle costruzioni*. Disponibile su: <https://www.build.it/> (Consultato il 28 novembre 2025).
- Cisterna, D., Lauble, S., Haghsheno, S. e Wolber, J. (2022). Synergies between *Lean Construction and Artificial Intelligence: AI Driven Continuous Improvement Process*. *Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC30)*. Disponibile su: <https://www.researchgate.net/publication/363163544> (Consultato il 3 maggio 2025).
- Clúster de la Edificación (2022). *Informe Lean Construction-Grado de implantación y estado de Lean en el sector de la construcción*. ISBN 978-84-09-51955-2. Disponibile su: <https://clusteredificacion.com/eventos/> (Consultato il 4 marzo 2025).
- Consiglio Europeo (2021). *Fit for 55: A European climate law*. Disponibile su: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/fit-for-55/> (Consultato il 16 marzo 2025).
- Construible.es (2022). *El Clúster de la Edificación promueve la formación práctica en Lean Construction en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la UPM*. Disponibile su: <https://www.construible.es/2022/11/07/cluster-edificacion-formacion-practica-Lean-construction-escuela-tecnica-superior-edificacion-upm> (Consultato il 25 marzo 2025).
- CTQ (n.d.). *5S: standardizzazione e stabilità nelle postazioni di lavoro*. Disponibile su: <https://www.ctq.it/5s-standardizzazione-e-stabilita-nelle-postazioni-di-lavoro/> (Consultato il 15 gennaio 2026).
- DiarioDiAC (2025) *La filiera delle costruzioni al tavolo: il peso economico del sistema casa secondo Cresme*. Disponibile su: <https://diariodiac.it/filiera-costruzioni-tavolo/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Dumrak, J. e Zarghami, S. A. (2025). The role of artificial intelligence in *Lean Construction management*. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(1), pp. 131–155. DOI: 10.1108/ECAM-02-2022-0153 (Consultato il 7 marzo 2025).

- Edilportale (2024). *Investimenti per infrastrutture: tagli ai finanziamenti e nuove regole in manovra*. Disponibile su: https://www.edilportale.com/news/2024/10/lavori-pubblici/investimenti-per-infrastrutture-tagli-ai-finanziamenti-e-nuove-regole-in-manovra_101920_11.html (Consultato il 16 marzo 2025).
- El País (2024). *Cartera de desafíos*. Disponibile su: <https://elpais.com/extra/infraestructuras/2024-10-27/cartera-de-desafios> (Consultato il 16 marzo 2025).
- Empire State Building (n.d.). *History of the Empire State Building*. Disponibile su: <https://www.esbnyc.com/about/history> (Consultato il 20 dicembre 2025).
- Escuela Técnica Superior de Edificación (n.d.). *Sito istituzionale della Escuela Técnica Superior de Edificación-Universidad Politécnica de Madrid*. Disponibile su: <https://www.edificacion.upm.es/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- European Construction Sector Observatory (2020). *Country profile Netherlands*. Disponibile su: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/2020-european-semester-national-reform-programme-netherlands_en.pdf (Consultato il 11 marzo 2025).
- Focus (n.d.). *Kodak e la fine del suo impero fotografico*. Disponibile su: <https://www.focus.it/comportamento/economia/kodak-e-la-fine-del-suo-impero-fotografico> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Francis, A. e Thomas, A. (2020). Exploring the relationship between *Lean* construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 252, art. 119913. Disponibile su: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119913> (Consultato il 20 marzo 2025).
- Gaboardi, P. (n.d.). *Empire State Building: il grattacielo simbolo di New York*. Disponibile su: <https://www.patriziagaboardi.com/single-post/2014/11/26/empire-state-building-il-grattacielo-simbolo-di-new-york> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Global Market Insights (2023). *Spain Construction Market Analysis*. Disponibile su: <https://www.gminsights.com/it/industry-analysis/spain-construction-market> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Gupta, S., Ahmadi, M. A. e Kumar, L. (2020). Identification of the barriers of *Lean* construction implementation in construction projects: A review. *International Journal of*

Innovative Research in Computer Science & Technology, 8(3), pp. 182–187. Disponibile su: <https://doi.org/10.21276/ijircst.2020.8.3.27> (Consultato il 20 marzo 2025).

- Headvisor (n.d.). *Muda: i 7 sprechi della Lean*. Disponibile su: <https://www.headvisor.it/muda-7-sprechi> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Idealista (2022). *Quanto costa costruire una casa*. Disponibile su: <https://www.idealista.it/news/immobiliare/residenziale/2022/08/11/160329-quanto-costa-costruire-una-casa> (Consultato il 28 novembre 2025).
- IGLC 34 (n.d.). *IGLC 34-International Group for Lean Construction Conference*. Disponibile su: <https://www.iglc34.com> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Il Post (2012). *Kodak ha fatto richiesta di fallimento*. Disponibile su: <https://www.ilpost.it/2012/01/19/kodak-ha-fatto-richiesta-di-fallimento/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Ingegneri.info (2024). *Lean Construction in Italia: un modello da sviluppare*. Disponibile su: <https://www.ingegneri.info/news/formazione-e-aggiornamento/Lean-construction-in-italia-un-modello-da-sviluppare/> (Consultato il 25 marzo 2025).
- International Group for *Lean Construction*-IGLC (1993). *International Group for Lean Construction*. Disponibile su: <https://www.iglc.net/> (Consultato il 6 marzo 2025).
- ISTAT (2025). *Sito istituzionale dell'Istituto Nazionale di Statistica*. Disponibile su: <https://www.istat.it> (Consultato il 23 novembre 2025).
- Kanbanchi (n.d.). *Che cos'è il Kaizen?* Disponibile su: <https://www.kanbanchi.com/que-es-kaizen> (Consultato il 4 marzo 2025).
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G. e Tommelein, I. (2002). *The foundations of Lean Construction*. Disponibile su: https://www.researchgate.net/publication/28578914_The_foundations_of_Lean_construction (Consultato il 4 marzo 2025).
- Lean Construction Institute (n.d.). *Learning and education resources*. Disponibile su: <https://www.leanconstruction.org/learning/> (Consultato il 10 dicembre 2025).
- Lean Construction México (2021). *La storia della costruzione snella-Parte I*. Disponibile su: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/la-historia-de-la-construcción-ajustada-parte-1> (Consultato il 10 gennaio 2026).

- Libera Università di Bolzano (n.d.) *Laboratorio di Cantiere 4.0-Offerta formativa*. Disponibile su: <https://www.unibz.it/it/faculties/engineering/bachelor-wood-technology/study-course-offering/2025/33266> (Consultato il 25 gennaio 2026).
- Luxus Real Estates (2025). *Costs to build a house in Spain*. Disponibile su: <https://luxusrealestates.com/en/costs-to-build-a-house-in-spain/> (Consultato il 28 novembre 2025).
- Marosszeky, M. e Karim, K. (1997). *Benchmarking-A tool for Lean Construction*. Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for *Lean Construction* (IGLC-5). Disponibile su: <https://iglc.net/papers/Details/28> (Consultato il 11 marzo 2025).
- Michalski, A., Głodziński, E. e Böde, K. (2022). *Lean Construction management techniques and BIM technology-systematic literature review*. *Procedia Computer Science*, 196, pp. 1036–1043. DOI: 10.1016/j.procs.2021.12.107. Disponibile su: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921012223> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Nomus (2023). *Muda, Mura e Muri: os 3Ms da produção enxuta*. Disponibile su: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/muda-mura-e-muri-3ms/> (Consultato il 18 febbraio 2026).
- Olive and Partners (2025). *Costes de construcción en España 2025*. Disponibile su: <https://oliveandpartners.com/costes-de-construccion-en-espana-2025> (Consultato il 28 novembre 2025).
- Patboard (n.d.). *Full Scrum Kanban Board Kit*. Disponibile su: <https://www.patboard.com/shop/full-scrum-kanban-board-kit-nanocups-for-glass/> (Consultato il 10 marzo 2025).
- Piña Ramírez, C., Aguilera Benito, P., Cerveró Romero, F., Lledó Pardo, M. J., Esteban Herranz, C., Parrilla Navamuel, M. e Tortajada Rodés, F. (2024). *Lean Construction-Fichas Metodología*. Clúster de la Edificación. ISBN 978-84-09-66217-3 (Consultato il 4 marzo 2025).
- Piximus (n.d.). *The construction process of the Empire State Building*. Disponibile su: <https://piximus.net/others/the-construction-process-of-the-empire-state-building> (Consultato il 10 gennaio 2026).
- Politecnico di Milano-Scuola Master F.lli Pesenti (n.d.) *Project and Contract Management in Construction Works*. Disponibile su: <https://www.masterpesenti-polimi.it/master-universitari/project-and-contract-management-in-construction-works.php> (Consultato il 25 gennaio 2026).

- Prezzario DEI-Tipografia del Genio Civile (2024). *Prezzari DEI*. Disponibile su: <https://www.build.it/prezzari/dei/> (Consultato il 2 novembre 2025).
- Proedil (2025). *Costruire una nuova casa da zero: costi e tempistiche*. Disponibile su: <https://proedil.net/blog/costruire-nuova-casa-da-zero-costi-tempistiche/> (Consultato il 23 novembre 2025).
- Rane, N. L. (2023). *Role of ChatGPT and similar generative Artificial Intelligence (AI) in construction industry*. Disponibile su: <https://ssrn.com/abstract=4598258> (Consultato il 3 maggio 2025).
- RealAdvisor (2025). *Quanto costa costruire una casa*. Disponibile su: <https://realadvisor.it/it/blog/quanto-costa-costruire-una-casa> (Consultato il 23 novembre 2025).
- Sarhan, S. e Pretlove, S. (2021). *Lean and Sustainable Construction: State of the Art and Future Directions*. *Construction Economics and Building*, 21(3), pp. 1–10. Disponibile su: <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v21i3.7854> (Consultato il 20 marzo 2025).
- Simeone, F. (2023). *Artificial Intelligence and Lean Construction: Where Are We Going?* Disponibile su: <https://www.linkedin.com/pulse/artificial-intelligence-lean-construction-where-we-going-simeone-iekzf> (Consultato il 16 marzo 2025).
- Solaimani, S. e Sedighi, M. (2020). *Toward a holistic view on Lean sustainable construction: A literature review*. *Journal of Cleaner Production*, 248, art. 119213. Disponibile su: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119213> (Consultato il 20 marzo 2025).
- ST Tasación (2025). *Informe completo: Tendencias de la vivienda nueva*. Disponibile su: <https://www.st-tasacion.es/informe-completo-tendencias-vivienda-nueva> (Consultato il 28 novembre 2025)
- ThoughtCo (n.d.). *Empire State Building Trivia*. Disponibile su: <https://www.thoughtco.com/empire-state-building-trivia-1779280> (Consultato il 20 dicembre 2025).
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (n.d.). *La UPM organizza el II Congreso Internacional de Lean Construction*. Disponibile su: https://www.upm.es/UPM/SalaPrensa/Noticias?id=49e5e4c9b9262810VgnVCM10000009c7648a____&fmt=detail (Consultato il 25 marzo 2025)

- Visual Paradigm (n.d.). *Future state value stream map template*. Disponibile su: <https://online.visual-paradigm.com/diagrams/templates/value-stream-mapping/future-state-value-stream-map-template-1/> (Consultato il 10 gennaio 2026).

Indice figure

<i>Figura 1 - Rappresentazione calligrafica del termine "Kaizen" (Kanbanchi)</i>	2
<i>Figura 2 - Glenn Ballard e Greg Howell, pionieri della Lean Construction (Lean Construction México, 2021)</i> ..	3
<i>Figura 3-Banner della 34^a International Group for Lean Construction Conference (IGLC 34)</i>	5
<i>Figura 4 - Contributo del settore della costruzione al PIL italiano nel 2022 (Diario di AC, 2025)</i>	6
<i>Figura 5-Empire State Building (Sito proprio)</i>	8
<i>Figura 6-Progressione temporale della costruzione dell'Empire State Building (Gaboardi)</i>	9
<i>Figura 7-Gestione degli approvvigionamenti in quota durante la costruzione dell'Empire State Building (Piximus)</i>	9
<i>Figura 8-Banner di piattaforme per la formazione e diffusione delle competenze Lean (Lean Construction Institute)</i>	11
<i>Figura 9-Kodak, richiesta di fallimento, 2012 (Il Post, 2012)</i>	15
<i>Figura 10-Universidad Politécnica de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid)</i>	19
<i>Figura 11-Edificio unifamiliare, edificio a torre (Prezario DEI-Tipografia del Genio Civile, 2024)</i>	29
<i>Figura 12-Costo di costruzione e variazione annuale, Spagna (ST Tasación, 2025)</i>	31
<i>Figura 13-Muda, Mura, Muri (Nomus, 2023)</i>	34
<i>Figura 14-Muda: i 7 sprechi della Lean (Headvisor)</i>	38
<i>Figura 15-Interdipendenza tra Mura, Muri e Muda nel processo costruttivo, Produzione propria</i>	39
<i>Figura 16-Livelli di pianificazione del Last Planner System (Lean Construction Australia)</i>	44
<i>Figura 17-Esempio di pianificazione a medio-breve termine LPS (Clúster de la Edificación, 2022)</i>	45
<i>Figura 18-Esempio di template Value Stream Mapping per l'analisi dei flussi di valore (Visual Paradigm)</i>	46
<i>Figura 19-JIT (Base.vn, 2025)</i>	47
<i>Figura 20-Pannello Kanban utilizzato per il controllo visivo dell'avanzamento delle attività (Patboard)</i>	48
<i>Figura 21-Le cinque fasi del metodo 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke (Andreacosentino.com)</i>	49

<i>Figura 22-Esempio di applicazione del metodo 5S: confronto tra postazione di lavoro prima e dopo (CTQ, 2019)</i>	50
<i>Figura 23 – Questionario sull'applicazione Lean Construction, Produzione propria.</i>	70
<i>Figura 24-Gruppo Arpada (ARPADA)</i>	75
<i>Figura 25-Tasso di risposta al questionario suddiviso per Paese e totale complessivo, produzione propria</i>	84
<i>Figura 26 - Paese in cui si opera, produzione propria.</i>	86
<i>Figura 27 – Dimensione impresa, produzione propria.</i>	86
<i>Figura 28 – Adozione Lean, produzione propria.</i>	86
<i>Figura 29 – Ragioni di mancata adozione, produzione propria.</i>	87
<i>Figura 30 – Intenzioni future, produzione propria.</i>	87
<i>Figura 31 – Maturità di adozione, produzione propria.</i>	89
<i>Figura 32-Adozione per tipologia di progetto, produzione propria.</i>	89
<i>Figura 33-Motivazioni principali all'adozione, produzione propria.</i>	89
<i>Figura 34 - Strumenti adottati, produzione propria.</i>	90
<i>Figura 35 – Benefici ricercati, produzione propria.</i>	90
<i>Figura 36 – Mancata percezione dei benefici, produzione propria.</i>	91
<i>Figura 37 – Integrazione IA, produzione propria.</i>	91
<i>Figura 38 – Competenze ritenute fondamentali, produzione propria.</i>	92
<i>Figura 39 - Distribuzione dei risultati per dimensione d'impresa, produzione propria.</i>	94
<i>Figura 40-Correlazione tra strumenti e benefici ricercati, produzione propria.</i>	97

Indice tabelle

Tabella 1-Differenze tra i metodi tradizionali e l'approccio Lean Construction

Produzione propria a partire da: Clúster de la Edificación, 2022; Piña Ramírez et al., 2024; Francis e Thomas, 2020. 41

Tabella 2-Matrice CORA per la valutazione delle applicazioni IA × Lean Construction. Produzione propria a

partire da: Ajitotutu et al., 2024; Berroir et al., 2023; Benjaoran & Dawood, 2005; Cisterna et al., 2022; Rane, 2023. 63