



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

¿Podemos anticipar
tempranamente el futuro de un
proyecto?
¿Y hacer algo para construir un
mejor futuro?

Profesor:

Luis Fernando Alarcón



Lean Construction y Ciencia de Datos puede ayudar



Motivación



70% De los proyectos se retrasan, en promedio sobre un **30%**

Los proyectos están sujetos a variabilidad e incertidumbre:

Incertidumbre

La complejidad, escala temporal y supuestos causan desviaciones.

Variabilidad

incontrolables e imprevistos causan desviaciones naturales.



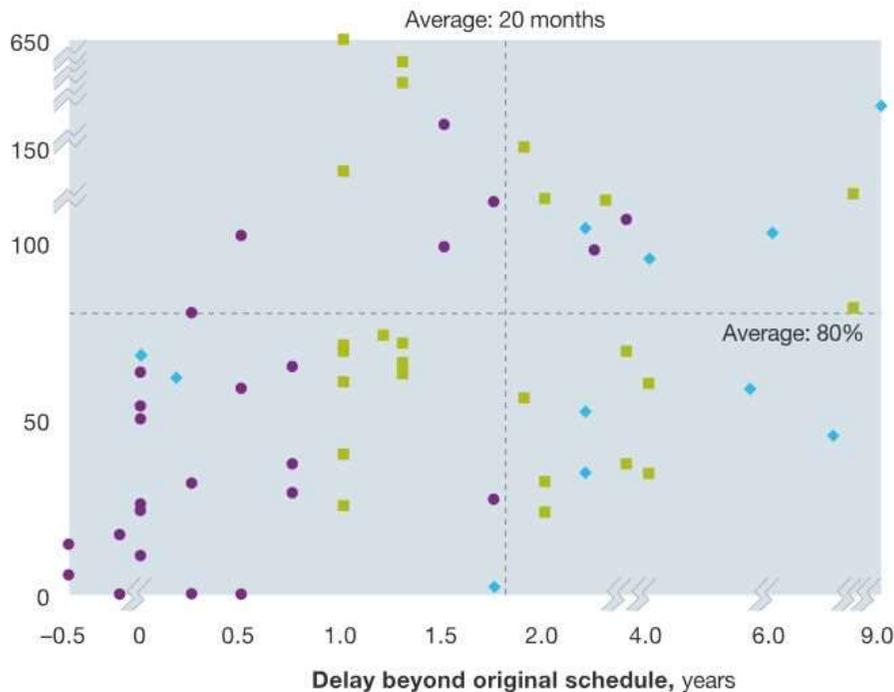
Según estudios de la CChC (2013):

- Más del 20% de los proyectos se atrasan
- Cerca del 80% excede presupuesto
- Desviación media del plazo del orden del 20% a 25%.

El problema aumenta a medida que aumenta el horizonte del proyecto:

Estimated overrun in capital expenditure, % of original quoted capital expenditure

● Mining ◆ Infrastructure ■ Oil and gas



Source: Global Projects Database, IHS Herold, Nov 19, 2013, herold.com; McKinsey analysis

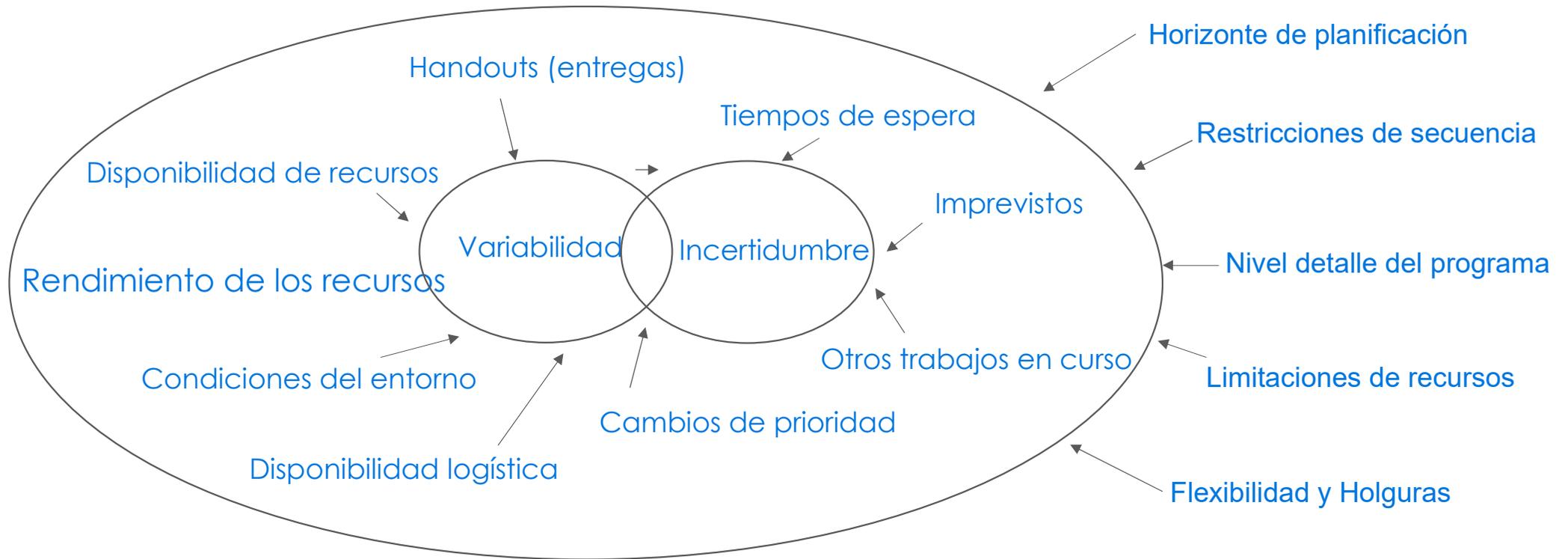
Según un estudio de McKinsey en 2013:

- Cerca del 40% de los proyectos desviaciones importantes en costo y plazo.
- La media de las desviaciones, en proyectos de 3 a 5 años, fue de 20 meses de atraso y un promedio de 80% de incremento del costo.
- El origen puede trazarse hasta el manejo de la incertidumbre en las etapas de diseño y estudio

El problema:

Factores que afectan al programa:

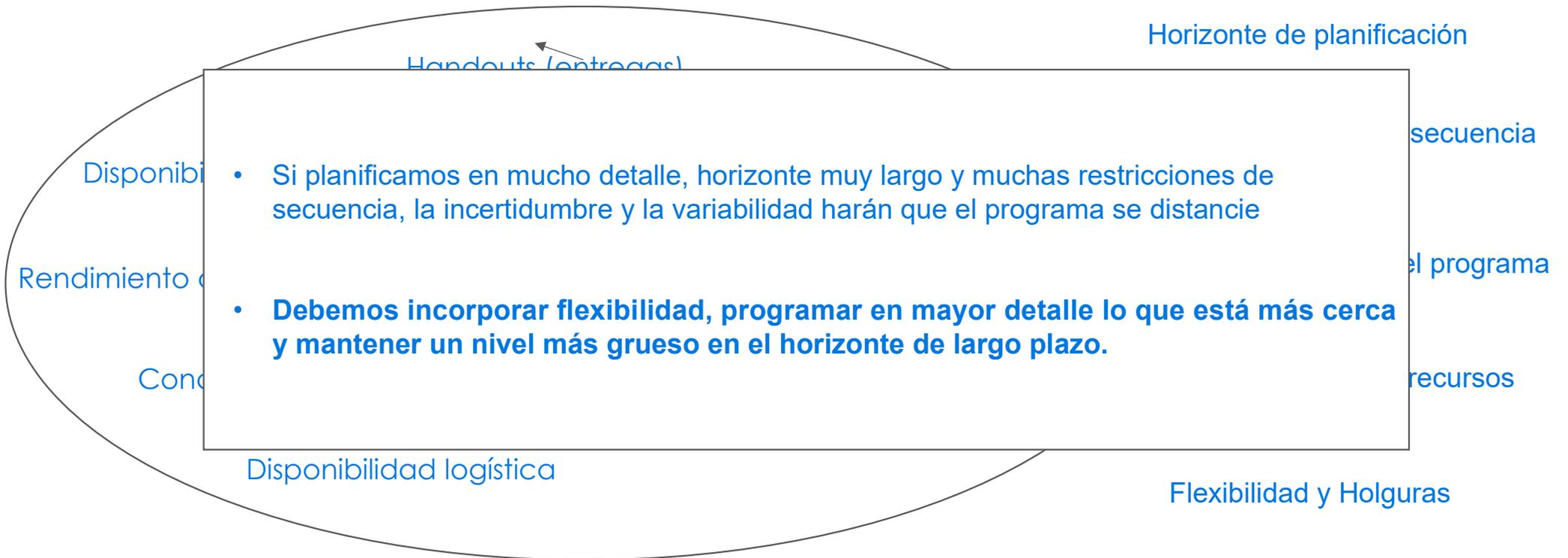
Decisiones que incrementan el efecto:



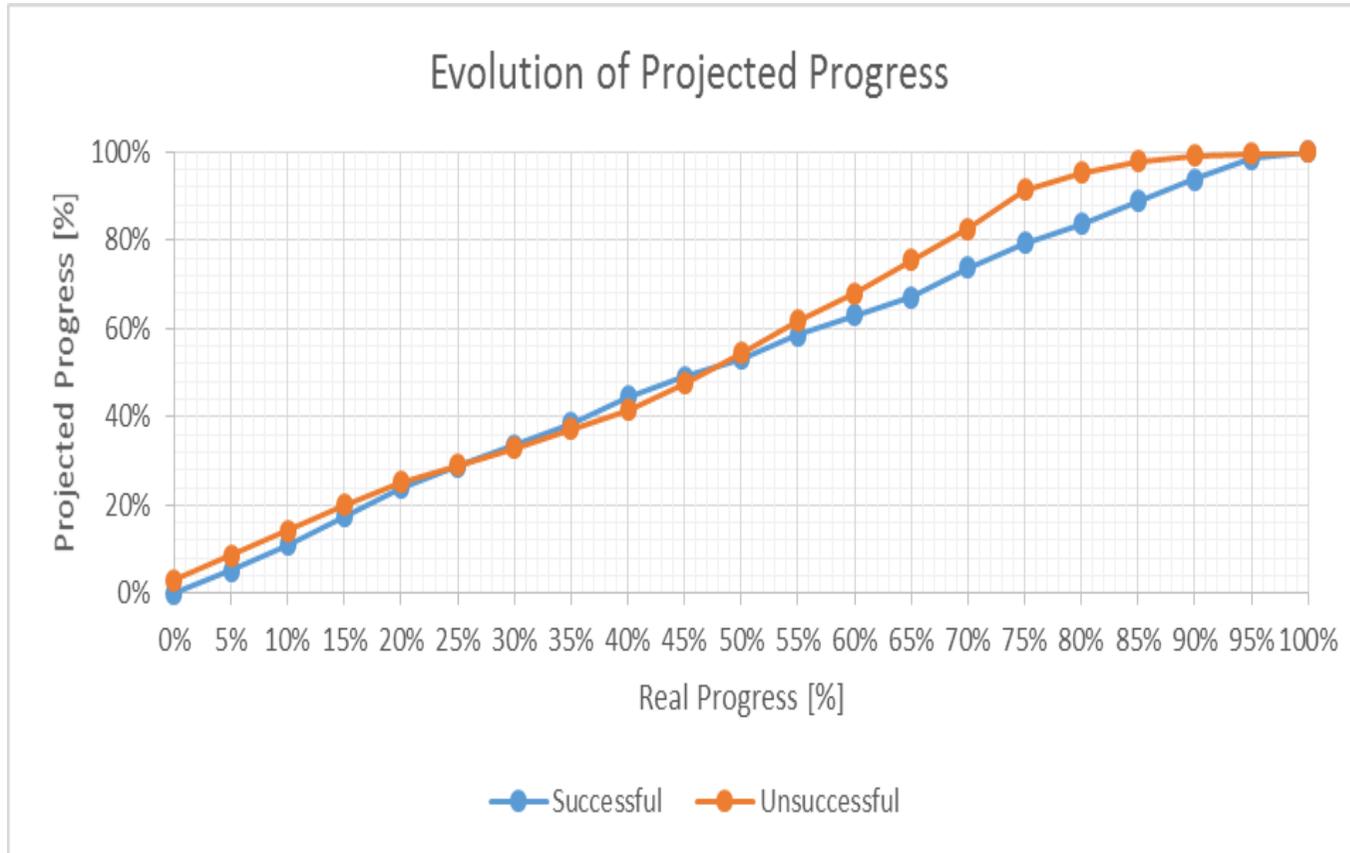
El problema:

Factores que afectan al programa:

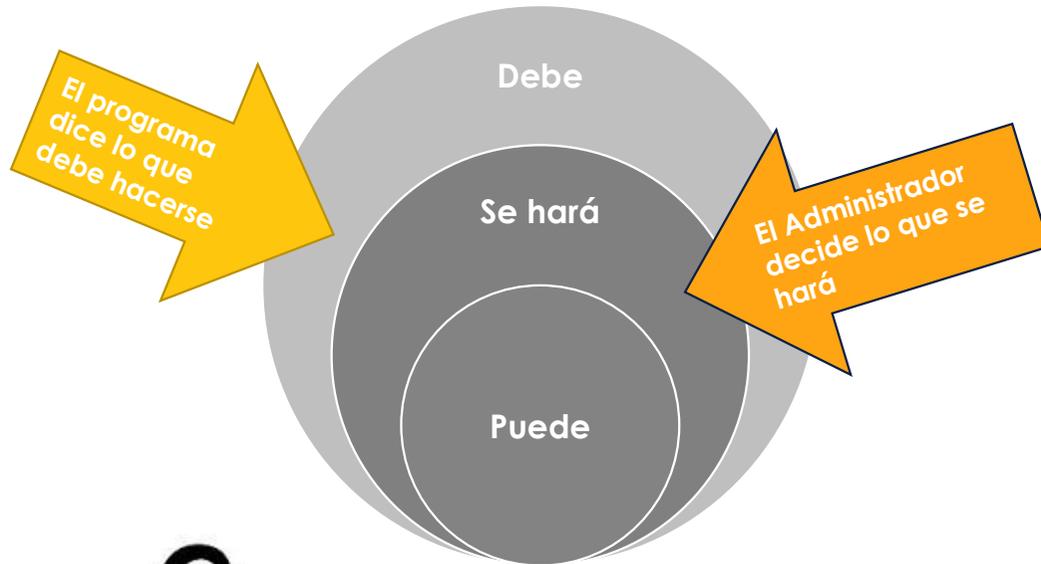
Decisiones que incrementan el efecto:



Proyectos Fallidos permanecen ocultos hasta muy tarde con nuestras prácticas convencionales de gestión



El enfoque tradicional de la planificación



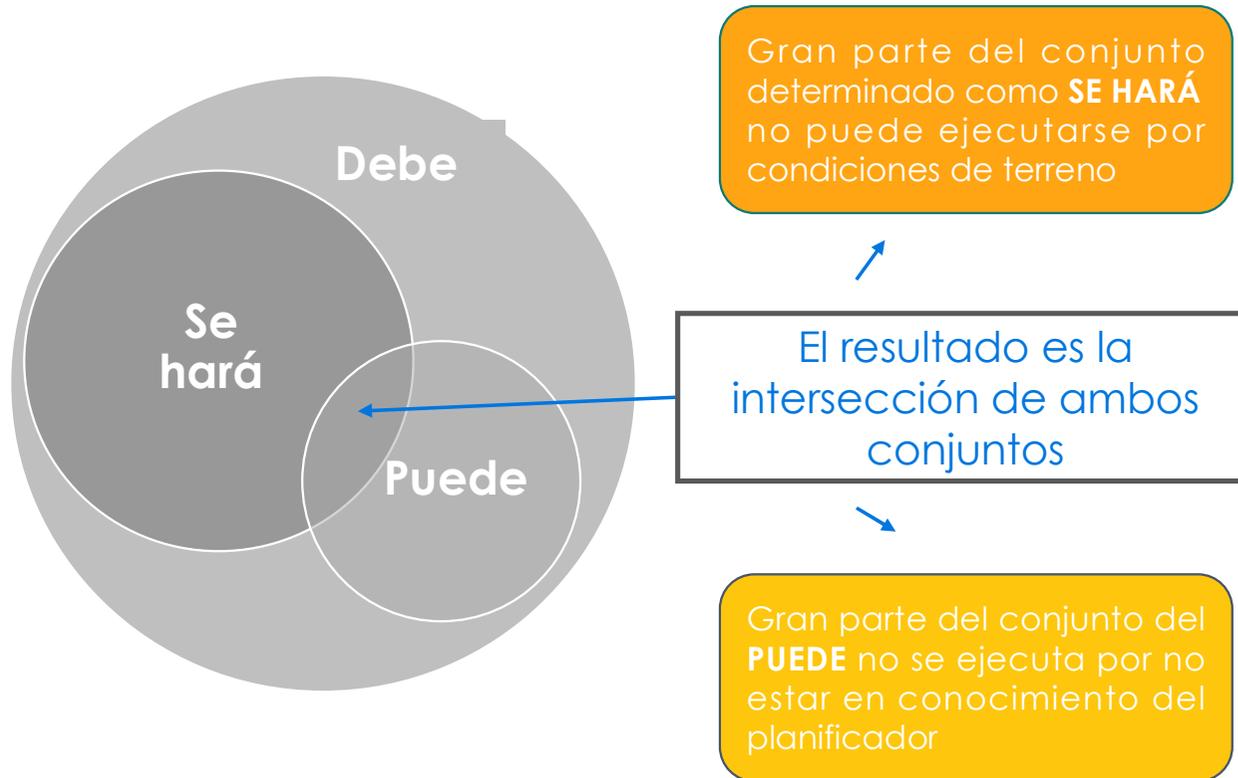
¿Qué problemáticas puede traer este esquema?

Al planificar, no se toma en consideración los recursos y los factores que afectan a la planificación.

Por ende, muchas veces, lo que puede hacerse es en realidad un subconjunto de lo planificado.

El PUEDE está afectado por las restricciones de recursos, condiciones o capacidad.

El enfoque tradicional de la planificación



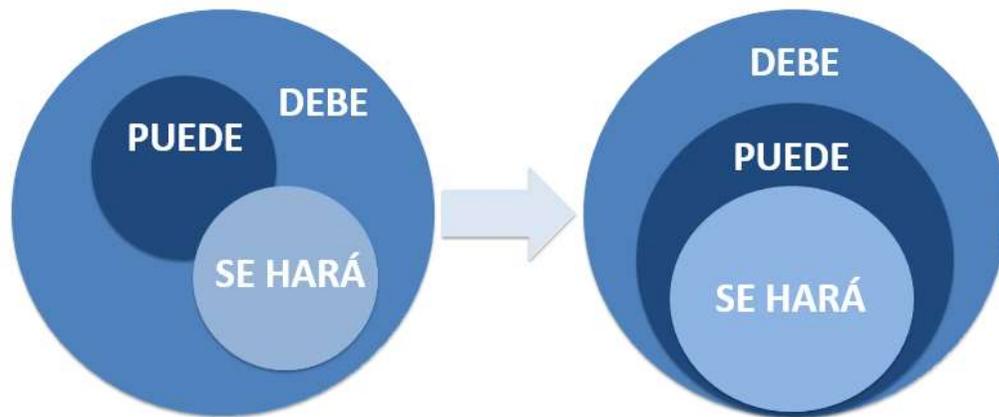
Al estudiar sistemáticamente el **PUEDE**, podemos determinar restricciones.

Al preparar el trabajo, podemos ir agrandando el **PUEDE**

Así, lo que **PUEDE** hacerse **SE HARÁ**, y lo que todavía no **PUEDE**, se **PREPARARÁ**.

El enfoque del sistema Last Planner:

Cómo trabajar en el PUEDE



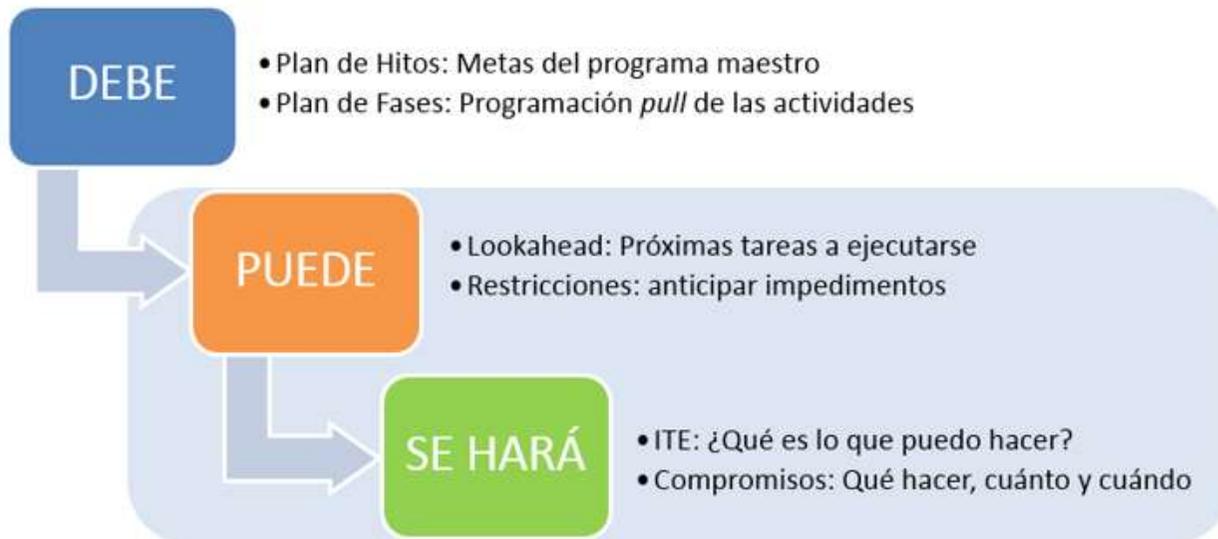
1. Se planifica el PUEDE revisando continuamente el trabajo hacia adelante.
2. Se busca agrandar el PUEDE tomando acciones para proteger el flujo de trabajo.
3. Se determina QUÉ HACER considerando sólo el PUEDE y mediante compromisos.

- En la práctica, el enfoque implica **programar en detalle un horizonte de tiempo previsible**. Durante esa planificación, **se buscarán impedimentos** que afecten la ejecución de dichas tareas. La **liberación de dichos impedimentos será planificada** como una tarea de preparación y, a medida que se vayan eliminando los impedimentos, **el trabajo será planificado para ejecutarse en el corto plazo**.

El esquema del sistema del último planificador y los componentes de la planificación:

El Sistema Last Planner

Esquema de Last Planner:



- El **largo plazo** se planifica en un nivel grueso, con un programa de **hitos** y una desagregación de actividades necesarias en un **plan de fases**.
- El **mediano plazo** se planifica en detalle, identificando y programando la liberación de **restricciones** para que cuando las tareas lleguen al corto plazo, sean ejecutables.
- En el **corto plazo** se seleccionan las tareas que son **ejecutables** (libres de restricciones) y se generan **compromisos** en un **plan semanal**.

Indicadores LPS

1. Porcentaje de Plan Completado (PPC).

$$PPC (\%) = \frac{\text{Actividades Completadas}}{\text{Actividades Comprometidas}}$$

Indicadores LPS

2. Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones

$$PCR (\%) = \frac{\text{Restricciones Liberadas}}{\text{Total de Restricciones por Liberar}}$$

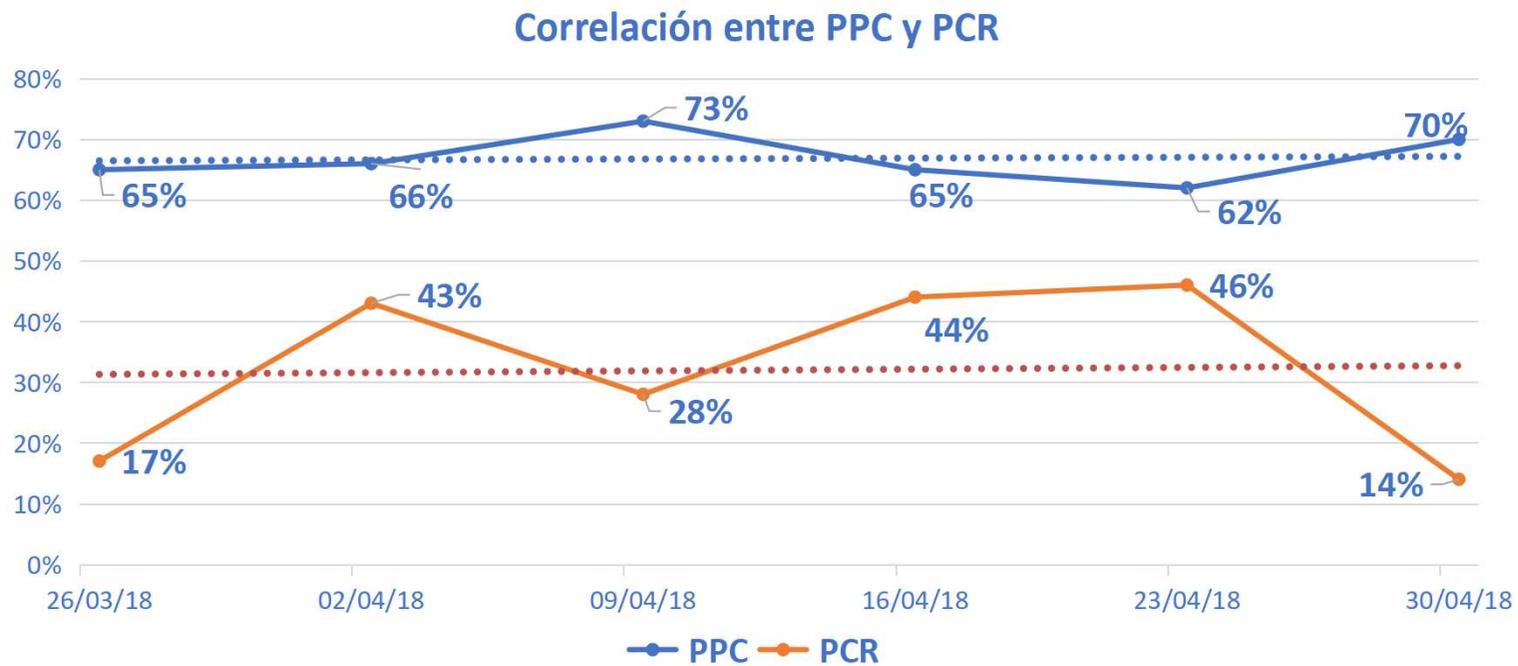
Indicador convencional (valor ganado)

Eficiencia de Programa (Schedule Performance Index)

$$SPI (\%) = \frac{\text{Avance Real}}{\text{Avance Programado}}$$

Indicadores LPS

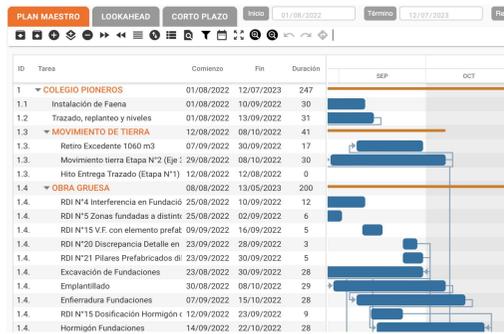
3. Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones



Desafíos de la gestión de proyectos

4 factores clave:

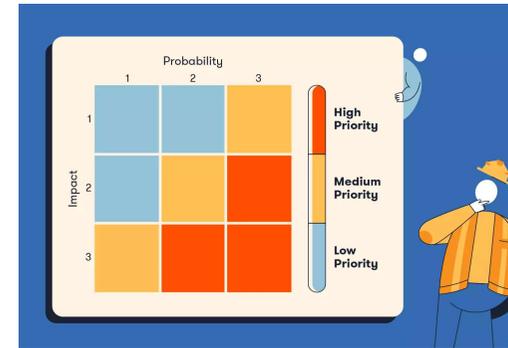
Plan y Alcance



Stakeholders



Gestión del riesgo

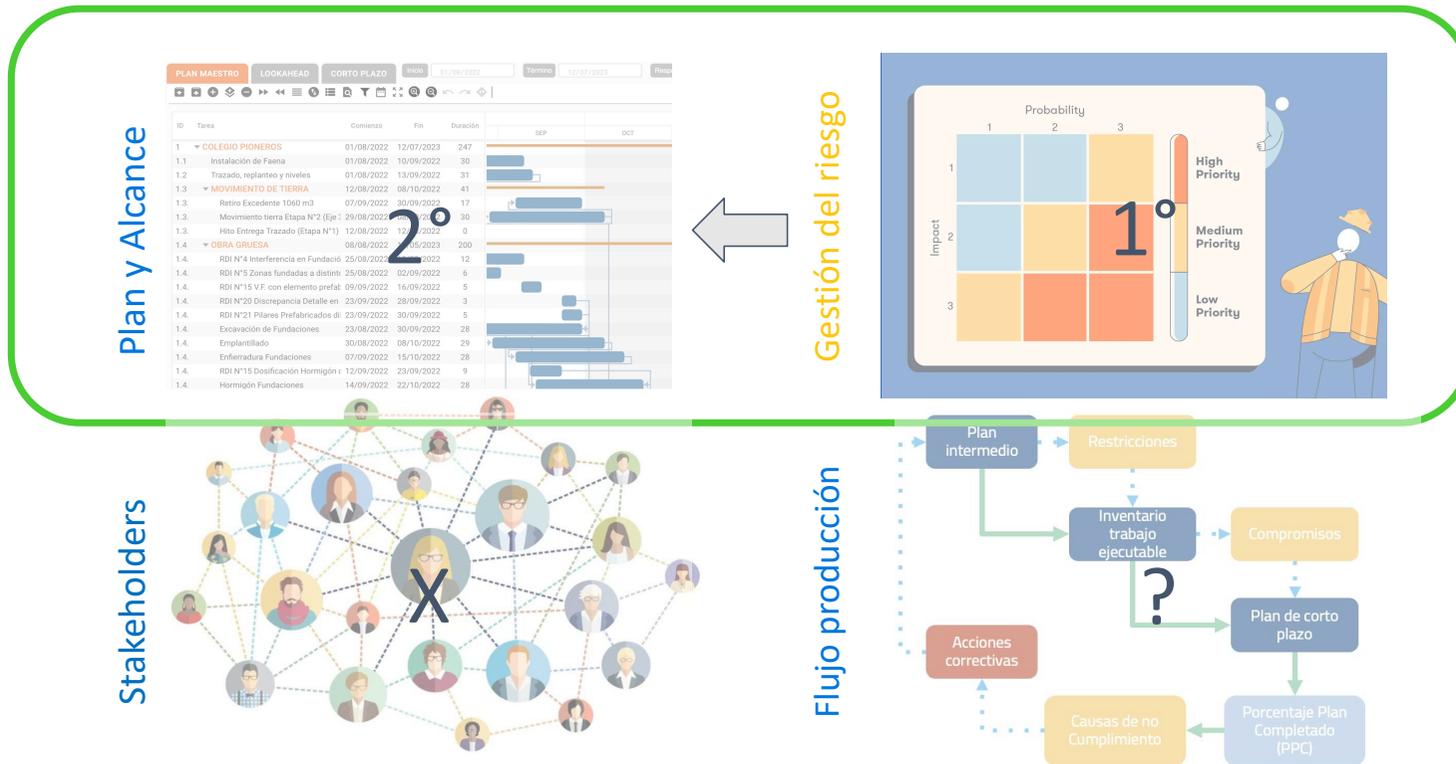


Flujo producción



Foco tradicional gestión de proyectos

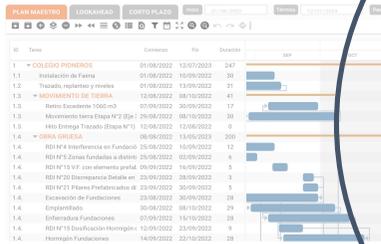
Limitaciones sistema tradicional:



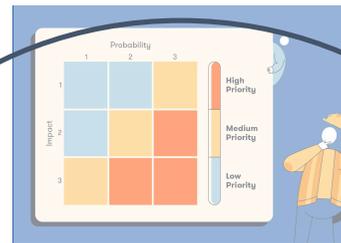
Gestión de proyectos Lean

Gestión proactiva

Enfoque sistémico



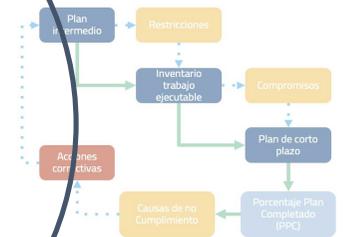
Planificación dinámica



KAIZÉN



Colaboración efectiva



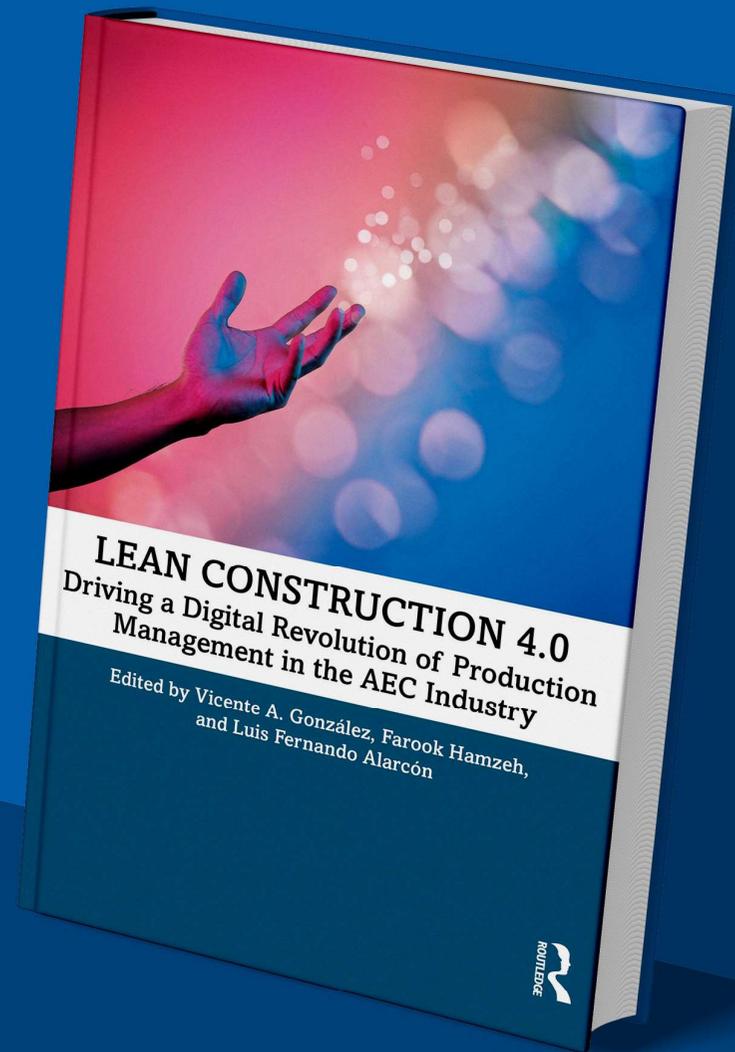
Flujos estables pull

González, V.A., Hamzeh, F., and Alarcon, L.F. (Editors) (2022). Lean Construction 4.0: Driving a Digital Revolution of Production Management in the AEC Industry, Routledge, Taylor and Francis

 People/Culture

 Process/Philosophy

 Technology



Nuestro aporte a Lean 4.0

Visión:

Aumentar el valor
de los datos de
gestión

Entender relación
entre gestión,
desempeño y
resultado

Modelar el flujo de
gestión de proyectos

Proveer insights y
herramientas para
aprovechar su valor

Punto de partida



Desarrollado en **2003** por la
Pontificia Universidad Católica de
Chile

+1.500 proyectos

+800 usuarios

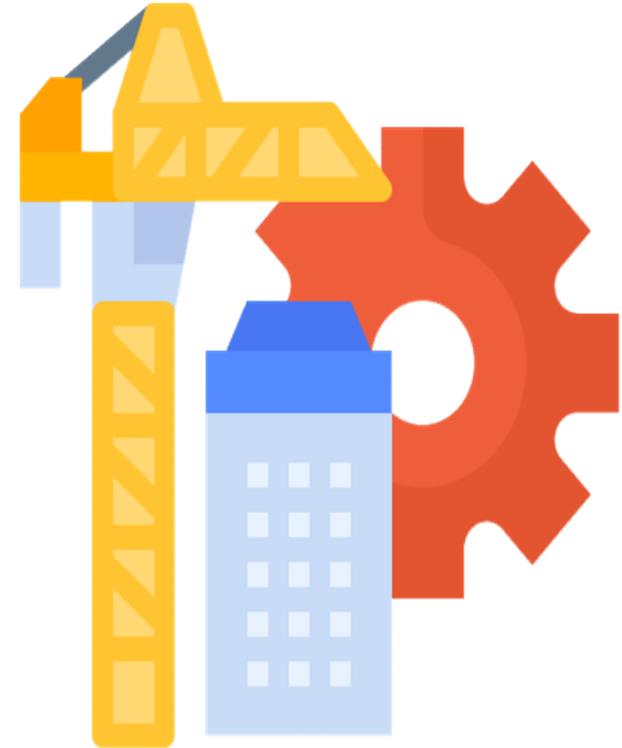
+130 empresas

+ 20.000 semanas de datos

Foco:

- Estandarizar
- Facilitar
- Sistematizar
- Aprender de
- Contribuir al desarrollo de gestión Lean

Camino propuesto

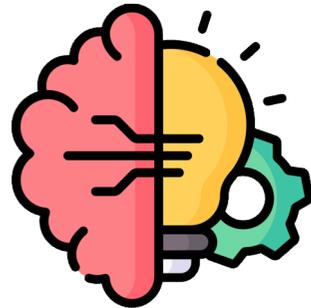


HERRAMIENTAS para el camino



IMPERA
PLATAFORMA DE COLABORACIÓN DIGITAL

Base de datos proyectos
pasados, en curso y pilotos.



Librerías open-source de Machine
Learning, Estadística, Análisis de Redes y
Procesamiento Natural del Lenguaje

1. Beneficios soporte digital

IT Support Contributions to LPS

Lagos, Herrera & Alarcón

Información	Análisis	Soporte Tradicional	Soporte TI	Aumento relativo
Compromisos ejecución	Estado actual	62%	100%	61%
	Gestión semanal	62%	82%	32%
	Evolución histórica	21%	62%	195%
Restricciones	Estado actual	51%	84%	65%
	Gestión semanal	30%	92%	207%
	Evolución histórica	26%	68%	162%
Causas no cumplimiento	Estado actual	80%	88%	10%
	Gestión semanal	50%	95%	90%
	Evolución histórica	34%	92%	171%

2. Valor de indicadores existentes

Using LPS for early success assessment - 2020

Lagos & Alarcón

Análisis de 25 proyectos con LPS e IMPERA



¿Puedo predecir o alertar tempranamente el resultado?

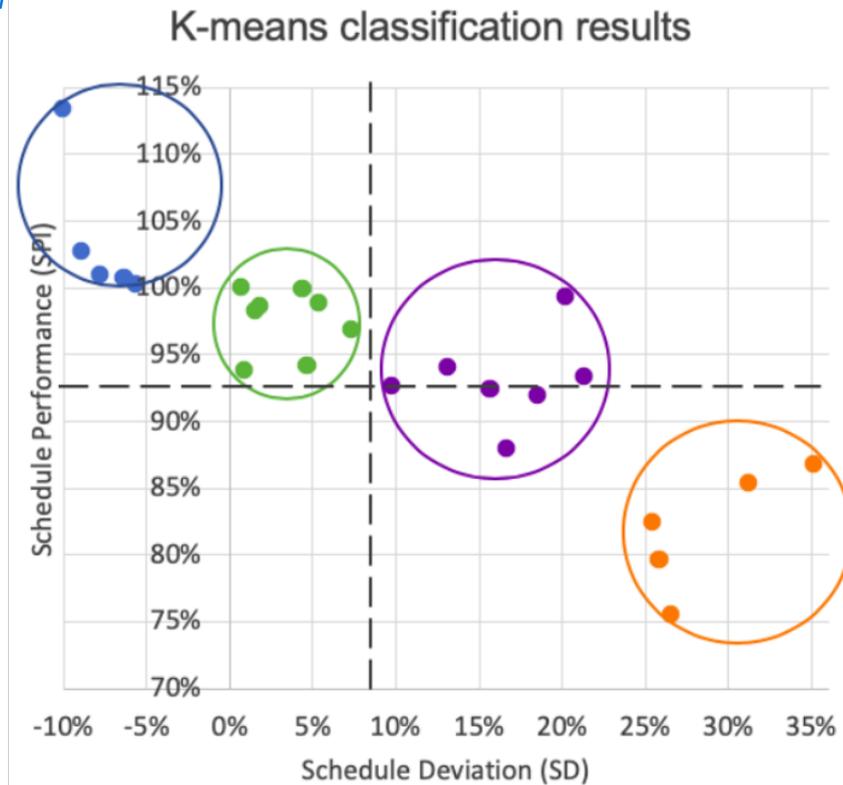
Indicadores:

- PPC: Porcentaje del Plan semanal Completado
- PCR: Porcentaje de Restricciones liberadas
- CNC: Causas de no Cumplimiento
- SPI : Porcentaje de avance logrado respecto a lo programado (eficiencia de Programa)

2. Valor de indicadores existentes

Using LPS for early success assessment - 2020

Lagos & Alarcón



Clasificación con K-Means:

- Aprendizaje no supervisado
- Según SPI final y SD final
- 4 Clusters
- Máxima distancia entre centros
- Mínima distancia punto al centro
- Diferenciación final binaria (Alto y bajo desempeño)

2. Valor de indicadores existentes

Using LPS for early success assessment - 2020

Lagos & Alarcón

Resultados globales, diferenciando según resultado
(SPI Final y Desviación final de programa).

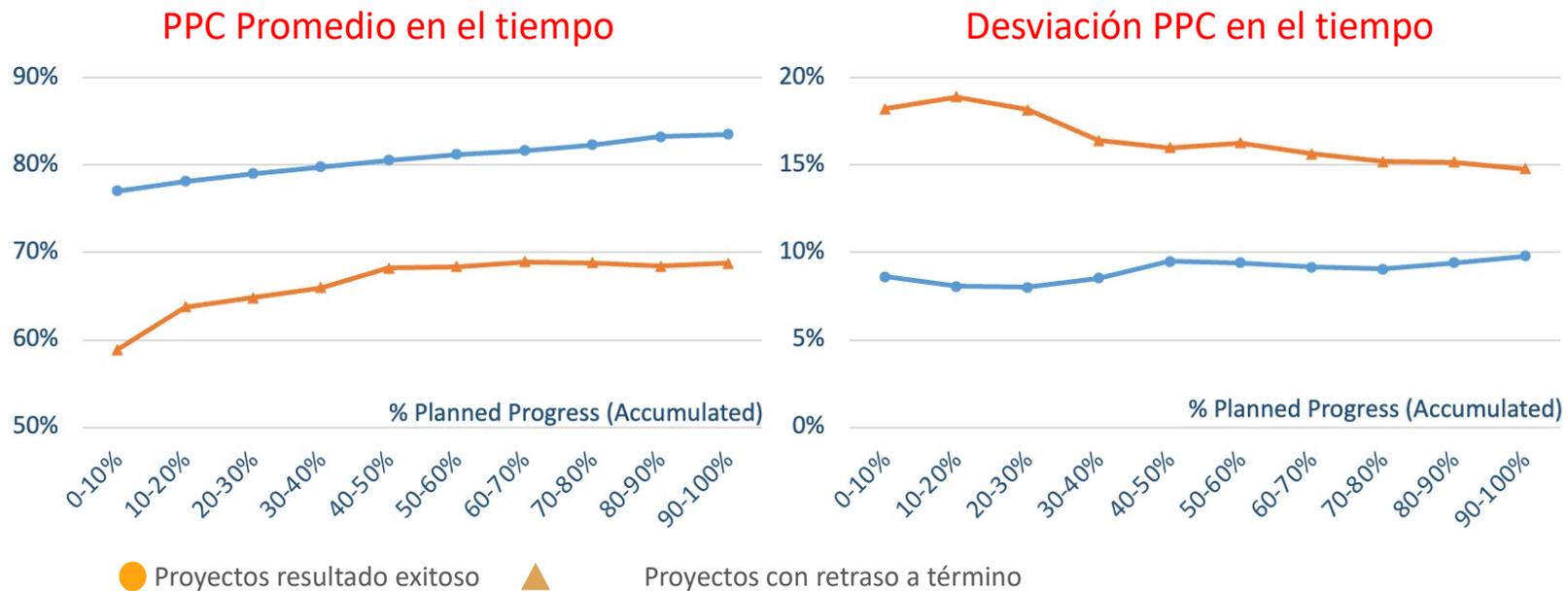
	Retraso a término	Éxito a término	Diferencia relativa
Muestra	12 proyectos	13 proyectos	
PPC Promedio	68,5%	83%	+21%
Coeficiente Variación	21,8%	13,1%	-40%
Total CNCs	1056	478	-55%
CNCs por semana	16,3	8,7	-47%

2. Valor de indicadores existentes

Using LPS for early success assessment - 2020

Lagos & Alarcón

Resultados en el tiempo, diferenciando según resultado (SPI Final y Desviación final de programa).



3. Potenciar el uso de información

Using RNCs to assess project performance - 2020

Lagos, Basalto, Del Río & Alarcón.

Análisis de 23 proyectos con LPS e IMPERA

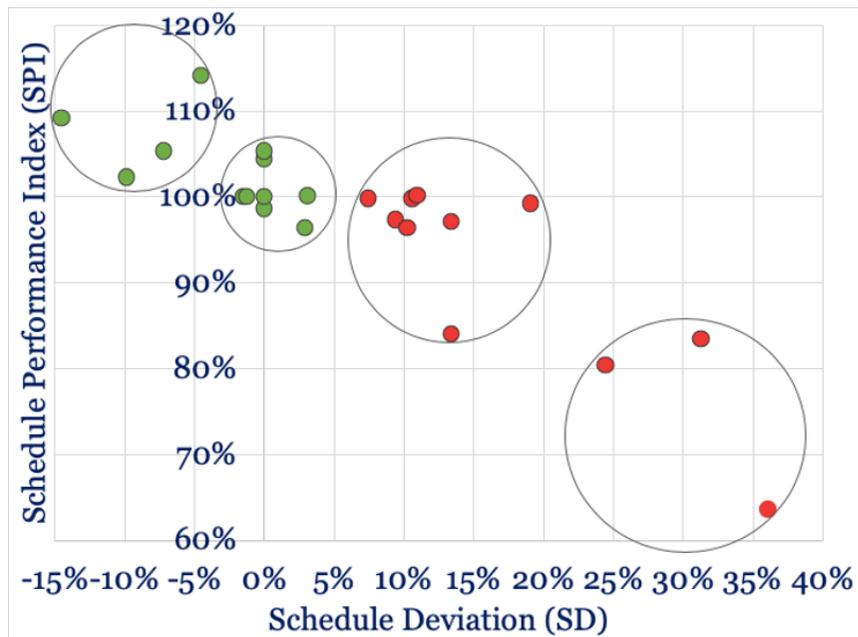


¿Conociendo el resultado de proyectos, existirán diferencias en la composición de sus causas de no cumplimiento?

3. Potenciar el uso de información

Using RNCs to assess project performance - 2020

Lagos, Basalto, Del Río & Alarcón.



Clasificación con K-Means:

- Aprendizaje no supervisado
- Según SPI final y SD final
- 4 Clusters
- Máxima distancia entre centros
- Mínima distancia punto al centro
- Diferenciación final binaria (Alto y bajo desempeño)

3. Potenciar el uso de información

Using RNCs to assess project performance - 2020

Lagos, Basoalto, Del Río & Alarcón.

Punto de comparación: Diferencias utilizando indicadores existentes de LPS

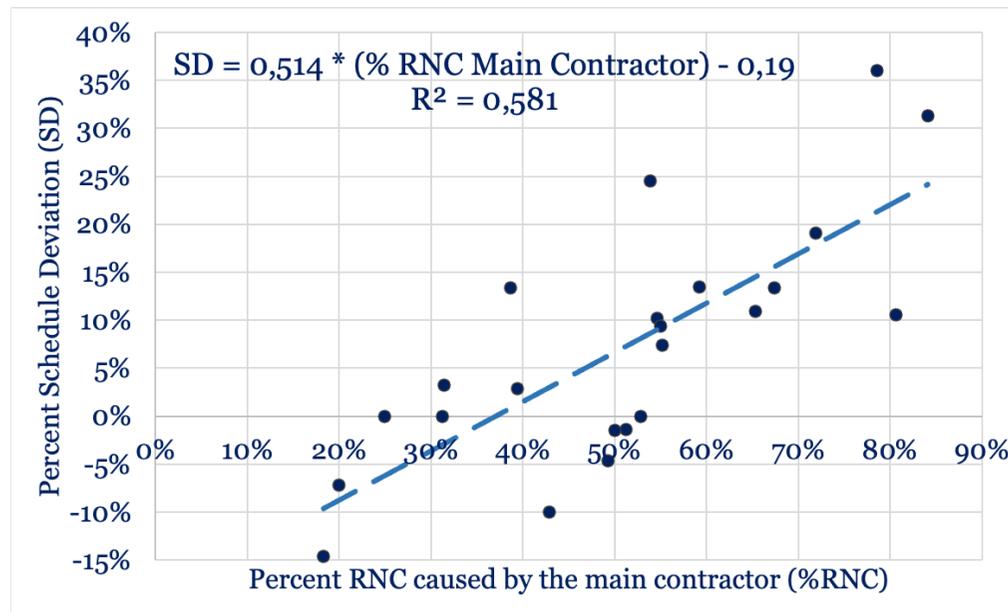
Promedios por grupo proyectos	Éxito	Fracaso	Ratio
N° proyectos	12	11	
SPI Final	103%	91%	
Desviación Programa final	-3%	17%	
PPC Promedio	71%	66%	1,06
PCR Promedio	60%	68%	0,88
Total de CNCs	169	194	0,87
Total de restricciones	394	242	1,63
Restricciones por período	13,8	10,1	1,37
Restricciones por 100 tareas	8,4	4,1	2,05

3. Potenciar el uso de información

Using RNCs to assess project performance - 2020

Lagos, Basalto, Del Río & Alarcón.

Aprendizajes: Rol clave del contratista principal en la gestión

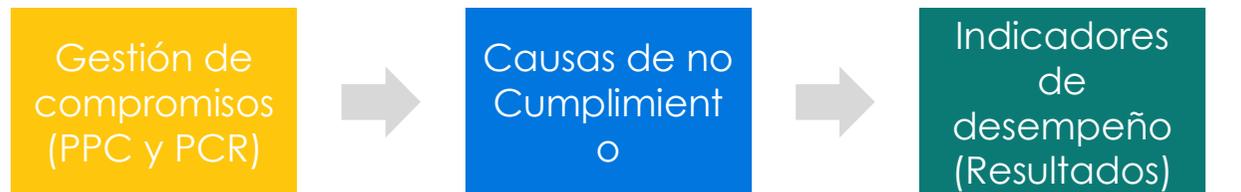


4. Modelar el desempeño

Using RNCs for early project performance predictions - 2021*

Lagos & Alarcón

Análisis de 50 proyectos con LPS e IMPERA



+2.000 semanas de datos

+10.000 causas de no cumplimiento

Misma clasificación resultado (KMeans)

¿Conociendo indicadores de gestión y causas de no cumplimiento, puedo predecir tempranamente resultado?

4. Modelar el desempeño

Insight: Predicción y prescripción

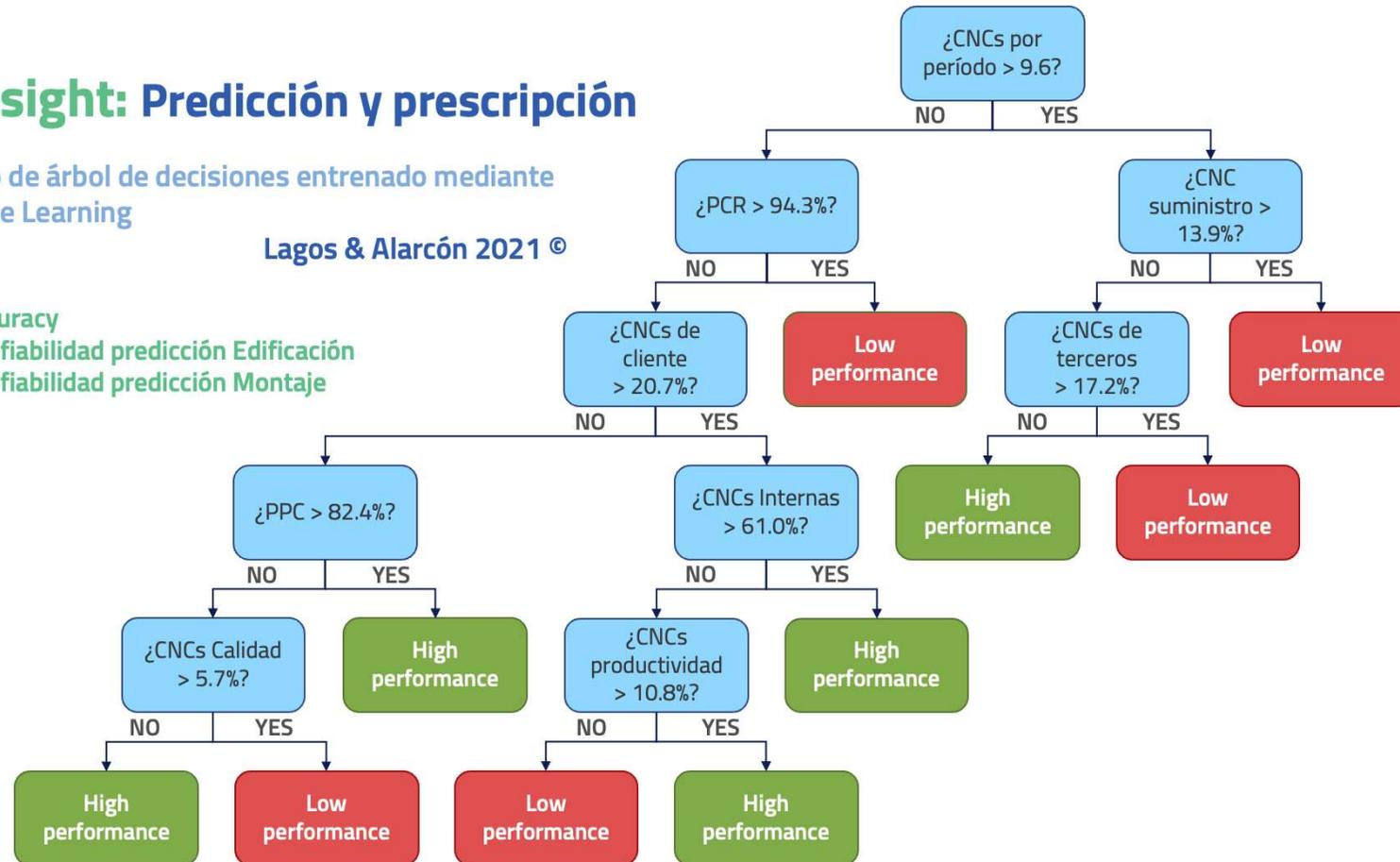
Modelo de árbol de decisiones entrenado mediante Machine Learning

Lagos & Alarcón 2021 ©

92% Accuracy

93% Confiabilidad predicción Edificación

88% Confiabilidad predicción Montaje

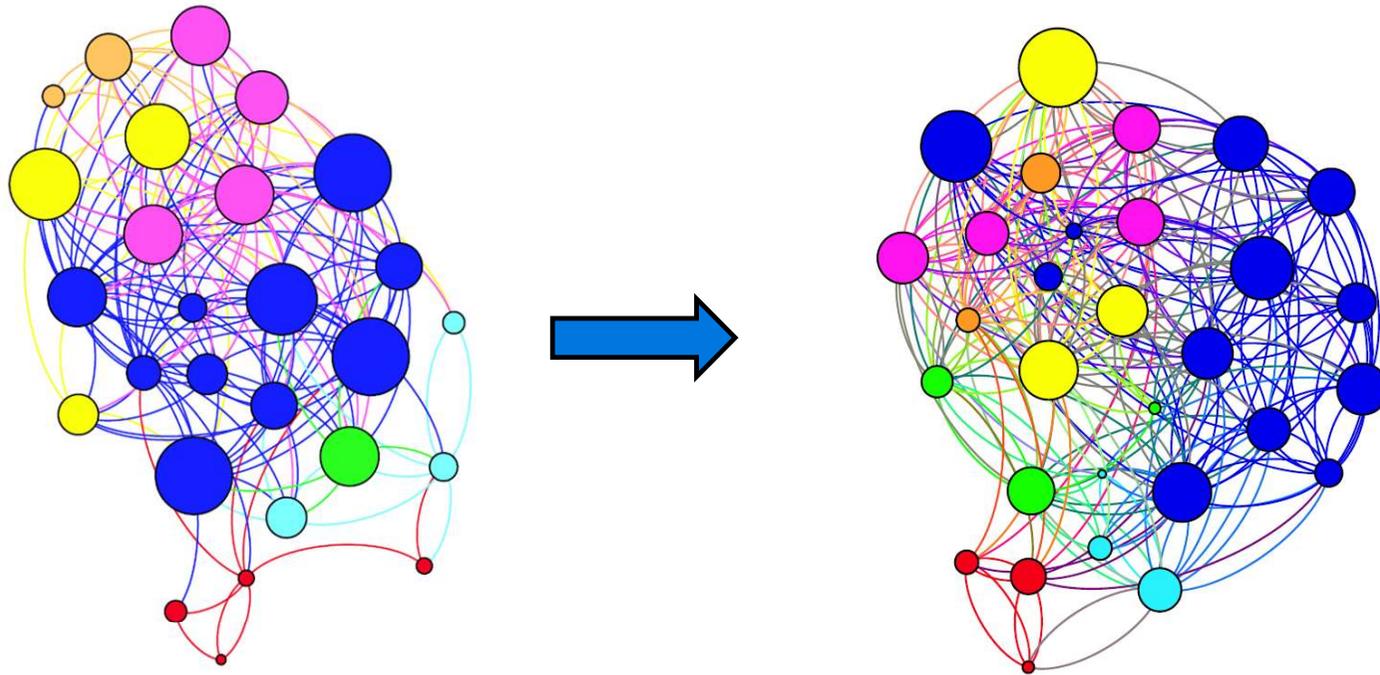


5. Modelar la Gestión

Impacto de las prácticas Lean en las redes sociales

Castillo & Alarcón

Prácticas
Lean



5. Modelar la Gestión

Impacto de las prácticas Lean en las redes sociales

Castillo & Alarcón

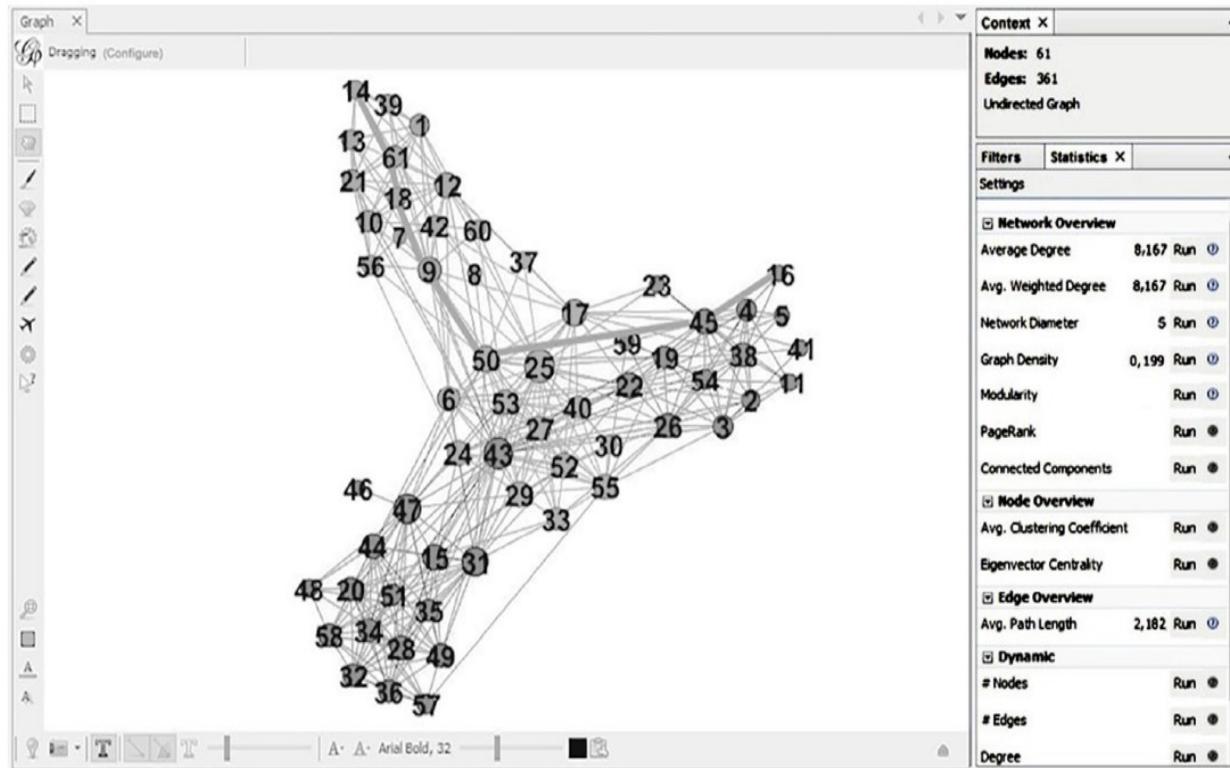


Fig. 2. SNA report for Enterprise 1

5. Modelar la Gestión

Impacto de las prácticas Lean en las redes sociales

Castillo & Alarcón

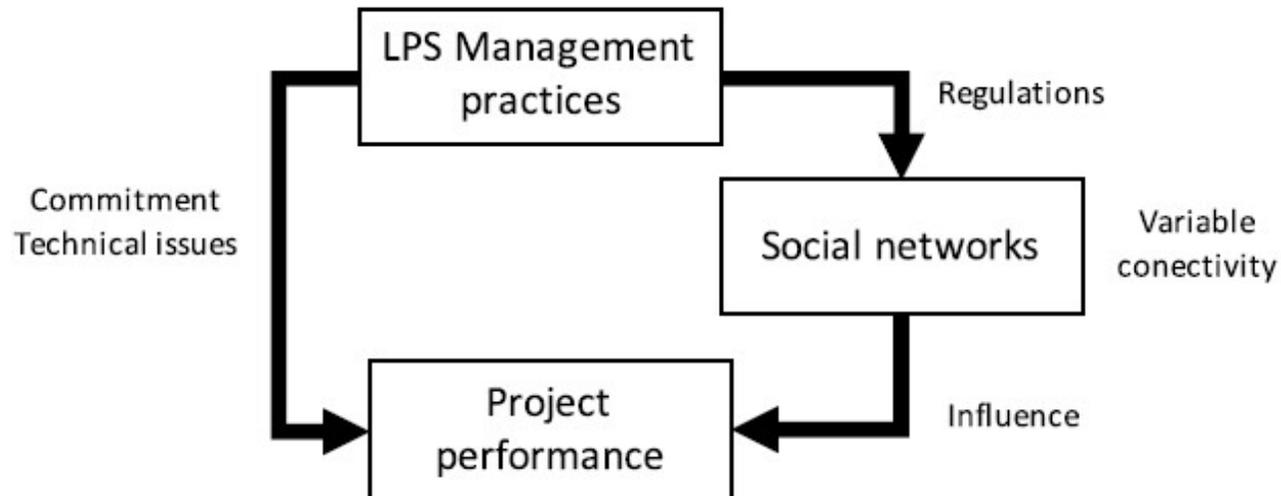
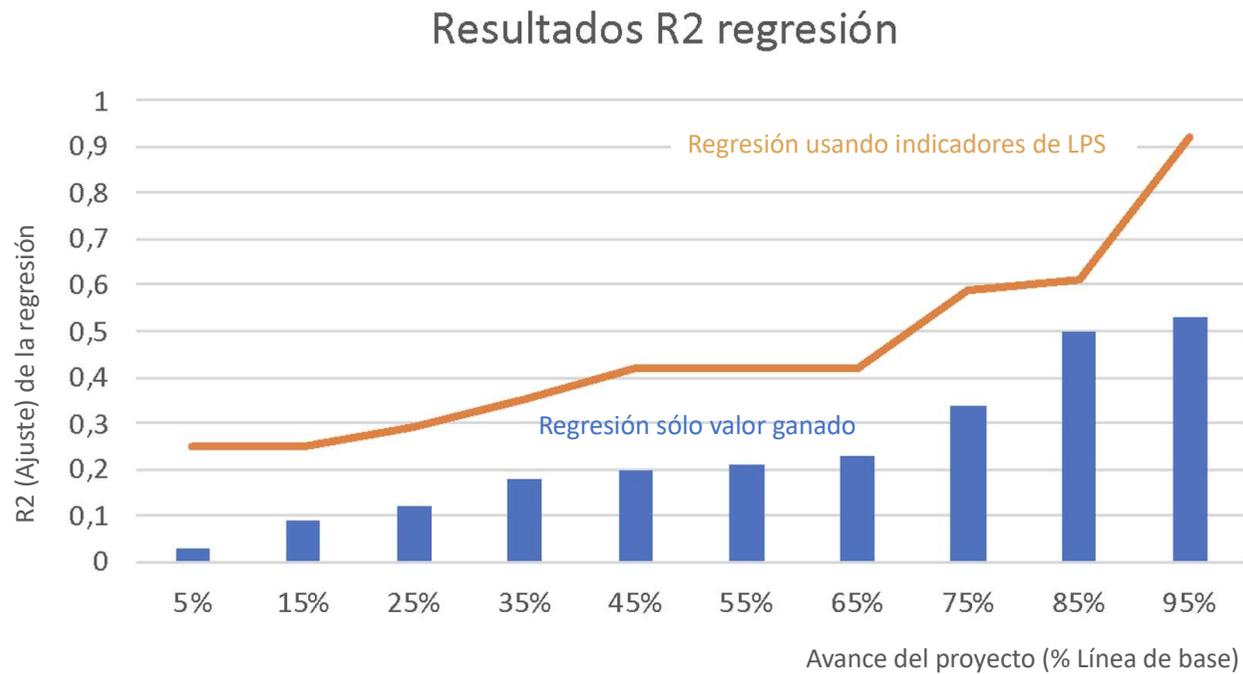


Fig. 7. Causal relationships among LPS, social networks, and performance in projects

6. Predecir y alertar

Leveraging LPS information for Early Schedule Predictions

Lagos & Alarcón, investigación en curso

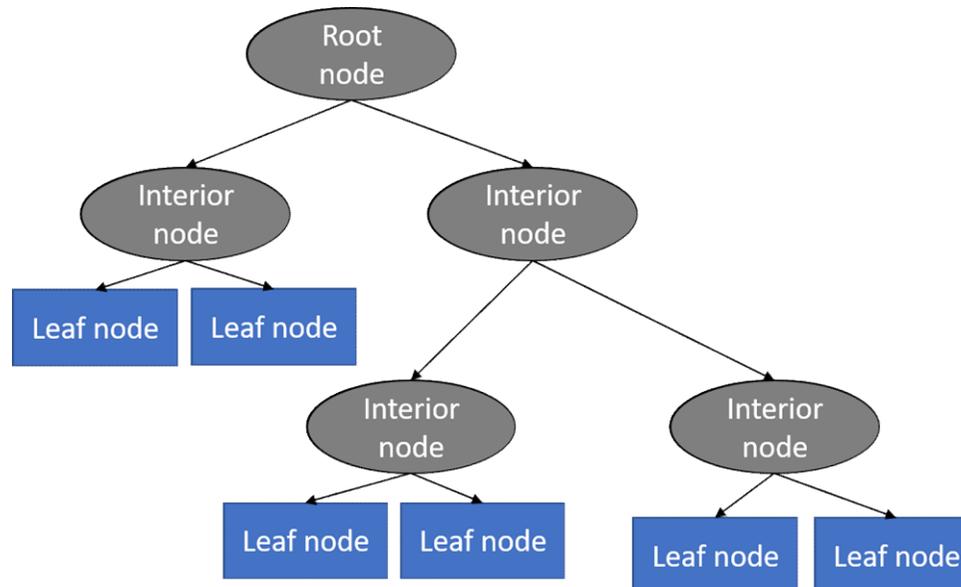


LPS Mejora predicción, pero sólo no es suficiente...

6. Predecir y alertar

Leveraging LPS information for Early Schedule Predictions

Cómo aprovechar resultados: **Árbol de regresión del SPI final con redes y LPS**



Utiliza...

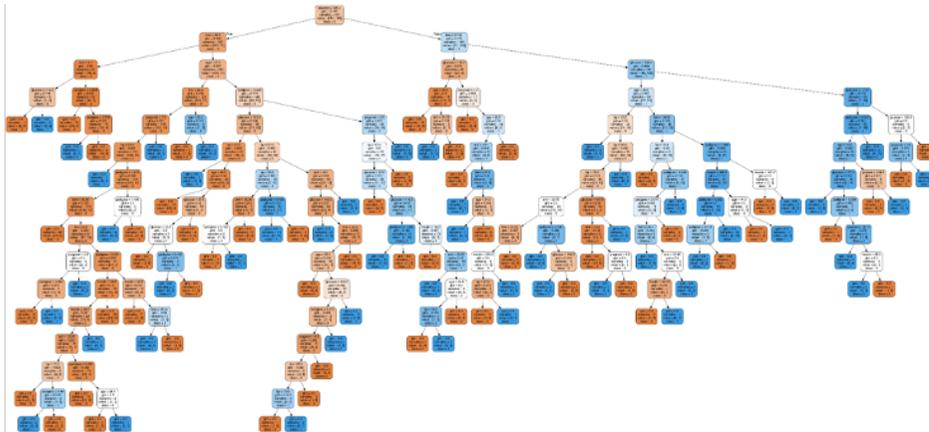
- 6 métricas de alcance del proyecto
- 16 indicadores de LPS, y
- 6 métricas de redes de colaboración...

Para predecir el SPI final del proyecto.

6. Predecir y alertar

Leveraging LPS information for Early Schedule Predictions

Lagos & Alarcón, investigación en curso



Predicción confiable del SPI Final, con un error menor a 5%, desde 25% avance proyecto.

1. Resultados entrenamiento:

Ajuste R2: 0,87
Error cuadrado promedio: 5,66%

2. Resultados test en proyectos no conocidos por modelo:

Ajuste R2: 0,81
Error cuadrado promedio: 6,92%

3. Resultados aplicación con filtro proyectos cercanos:

Ajuste R2: 0,88
Error absoluto promedio: 0,9%
Error cuadrado promedio: 4,93%

6. Predecir y alertar

Leveraging LPS information for Early Schedule Predictions

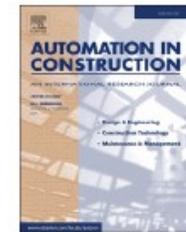
Automation in Construction 167 (2024) 105716



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Automation in Construction

journal homepage: www.elsevier.com/locate/autcon



Predicting construction schedule performance with last planner system and machine learning

Camilo I. Lagos^a, Rodrigo F. Herrera^{b,*}, Alejandro F. Mac Cawley^a, Luis F. Alarcón^a

^a Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

^b Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

CONCLUSIONES

Valor agregado

- Modelación basado en datos empíricos y cuantitativos
- Análisis y modelación en muestra transversal de cientos de proyectos
- Potenciado por conocimiento de relaciones entre alcance, procesos, gestión y resultados
- Capacidad de integrar nuevos datos (Base de datos y ecosistema digital de herramientas)

- Integra nuevos indicadores de Redes y LPS utilizando información existente
- Utiliza caminos de decisión interpretables para la predicción (Árboles de regresión)
- Alta confiabilidad predicción SPI Final (Error < 5%) desde 25% avance proyecto.