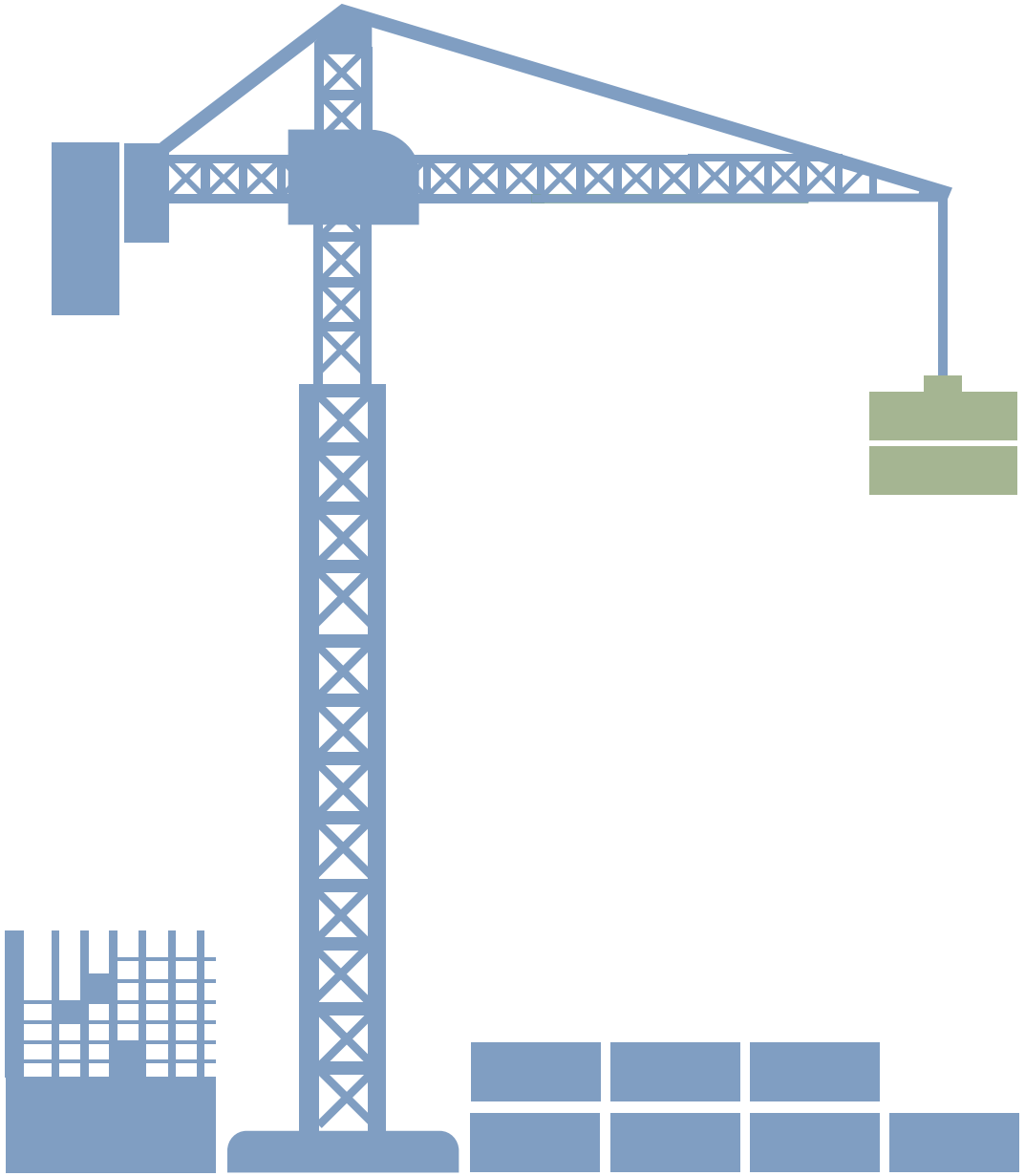
SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN

Henry Galindo Zapata

CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL
LEAN CONSTRUCTION
LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

Henry Galindo Zapata

- Ing. Civil por la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Estudios de Maestría en BIM Management por la Universidad Rey juan Carlos - Universidad Católica de Murcia – EADIC.
- Miembro del Lean Construction México®.
- Miembro del Lean Construction Institute Perú®.
- Jefe de Producción corporativo y Jefe de Planta de Concreto en BESCO SAC Y MIRANDA CONSTRUCTORES SA.
- Consultor Lean Construction y en metodología BIM / VDC.
- Sólida experiencia en proyectos de construcción de edificaciones y obras civiles.
- Participación en la construcción de proyectos de gran envergadura: Una de las sedes de Los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019. Construcción de la Planta Concentradora de la unidad de expansión minera Cerro Verde. Construcción de la Ciudad Nueva Fuerabamba. Entre otros.



Agenda del Curso

En el presente este curso podremos ver las características de los sistemas de planificación tradicional a través del sistema Push y la propuesta del sistema bajo el enfoque del Lean Construction a través del planeamiento Pull y el desarrollo de este.

01 **Sistemas de Planificación**
Descubrir el comportamiento entre el sistema tradicional robusto – PUSH y el Sistema bajo el enfoque del Lean Construction – PULL.

02 **Sistema Last Planner®**
Confiabilidad, Esquematización de lo que debemos hacer, podemos hacer, haremos, hicimos y aprendemos.

03 **Planeamiento Lean**
Con el soporte del sistema Last Planner®, el planeamiento Pull permitirá preparar el escenario para diseñar el sistema de producción.

04 **Planificación Rítmica**
Análisis global de procesos, análisis del ritmo de la producción e implementación de trenes de trabajo.

LCM LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Un sistema de planificación bajo el enfoque de la filosofía LEAN, permite preparar una estrategia de producción con una secuencia lógica constructiva, mostrando así las actividades y tareas que se requieren para producir un entregable.

La actitud requerida para iniciar con la planificación Lean, debería seguir el siguiente esquema

Colaborar

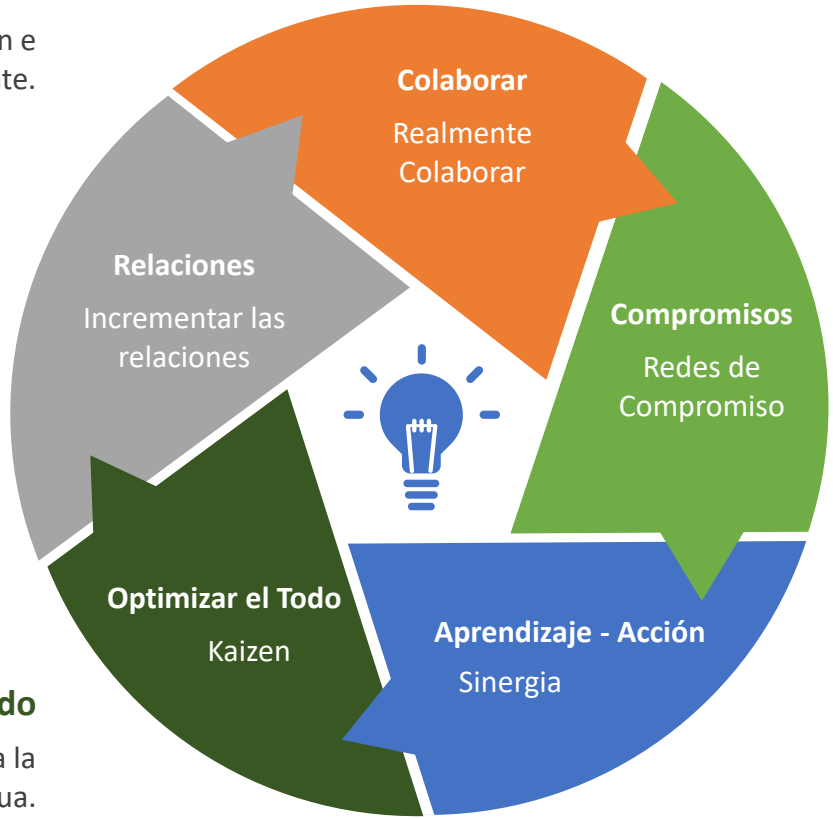
Fomentar una cultura de participación e integración constante.

Relaciones

Generar alianzas estratégicas con el cliente, los componentes del equipo, proveedores, otros.

Optimizar el Todo

Orientar nuestro sistema de trabajo hacia la mejora continua.



Compromisos

Transmitir eficientemente los objetivos del proyecto a todos los integrantes.

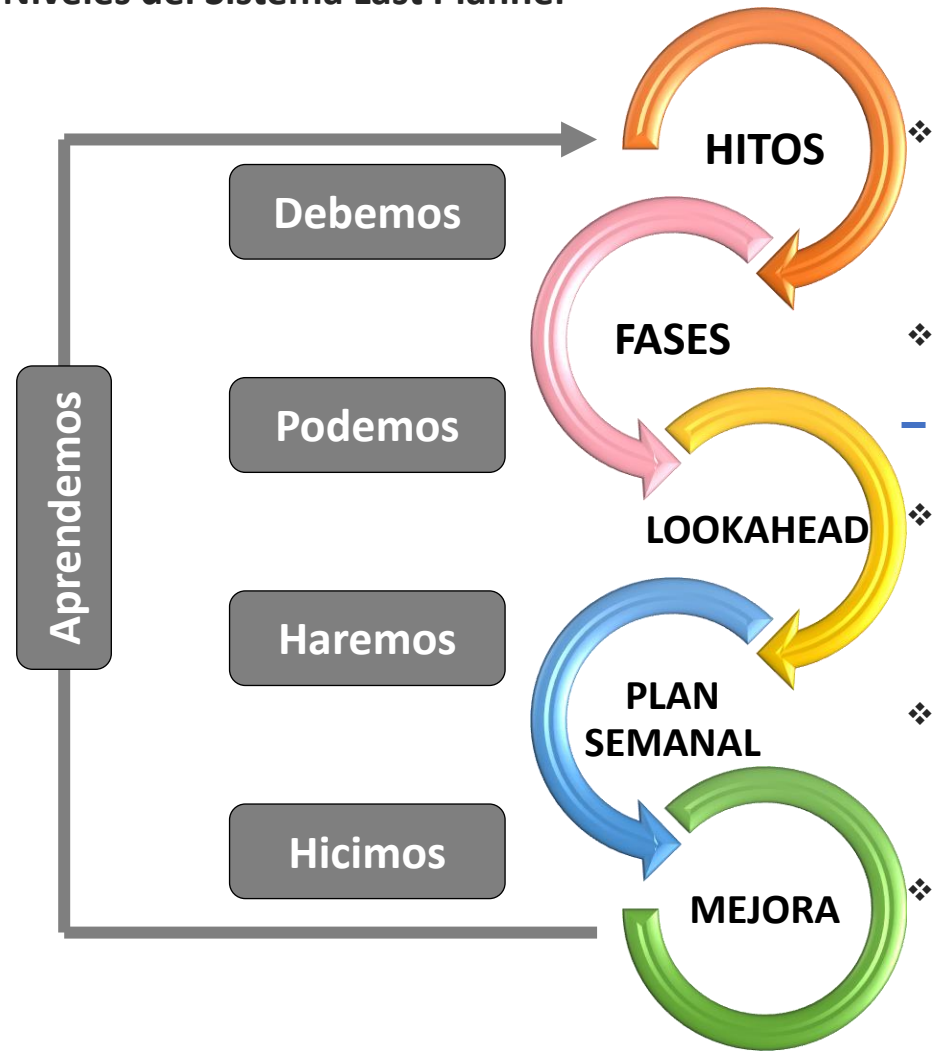
Aprendizaje - Acción

Establecer lineamientos para un proceso cíclico y estrecho de aprendizaje y acción.

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Niveles del Sistema Last Planner®



- ❖ Planificar el macro
- ❖ Planear en Pull
- ❖ Planear el mediano plazo
- ❖ Planear el corto plazo
- ❖ Aprendizaje

- ✓ Plan estratégico.
- ✓ Cronograma maestro – línea base.
- ✓ Hitos Clave.
- ✓ Plan por fases de producción PULL.
- ✓ Plan de construcción corporativo.
- ✓ Enfoque en transferencias claras.

Según se requiera

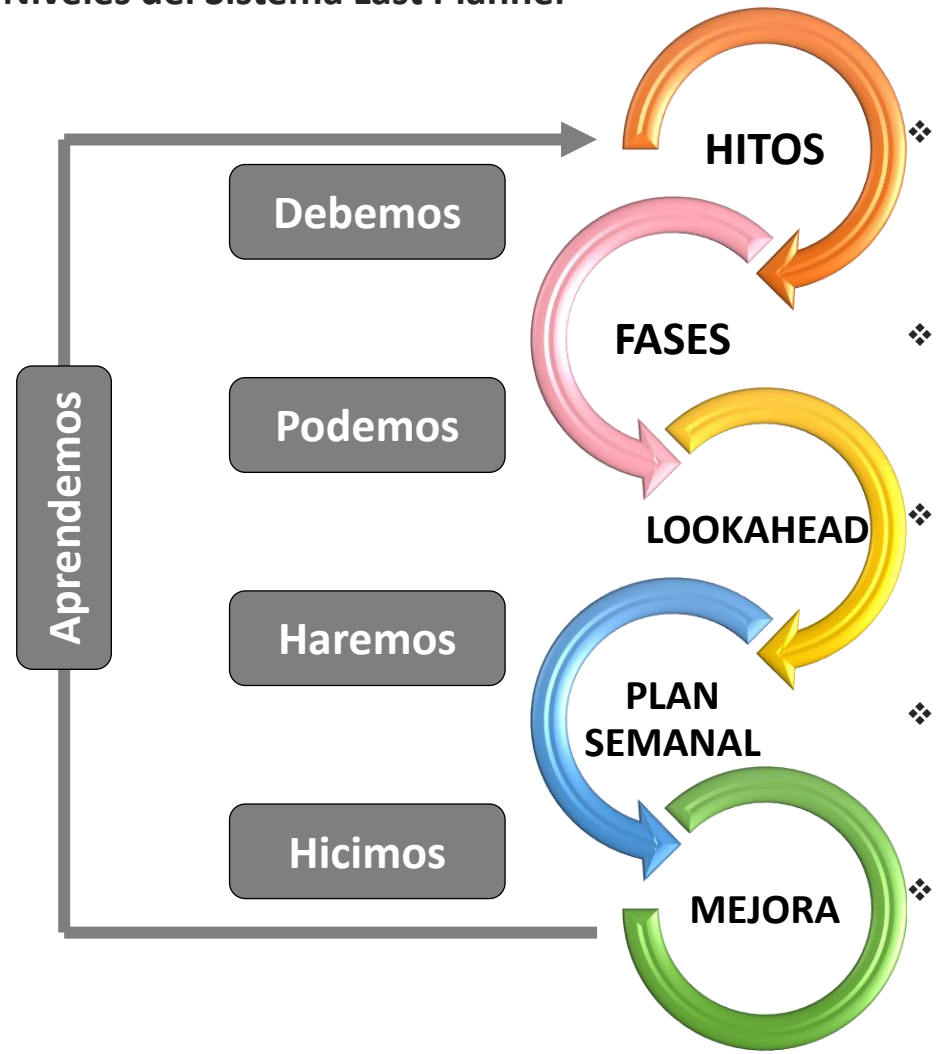
- ✓ Lookahead.
- ✓ Hacer que el trabajo esté listo.
- ✓ Conseguir promesas para el levantamiento de restricciones.
- ✓ Plan de Producción.
- ✓ Plan Semanal.
- ✓ Evaluación diaria.
- ✓ Medición de desempeño.
- ✓ Rápido aprendizaje y mejora continua.

Semanalmente

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Niveles del Sistema Last Planner®

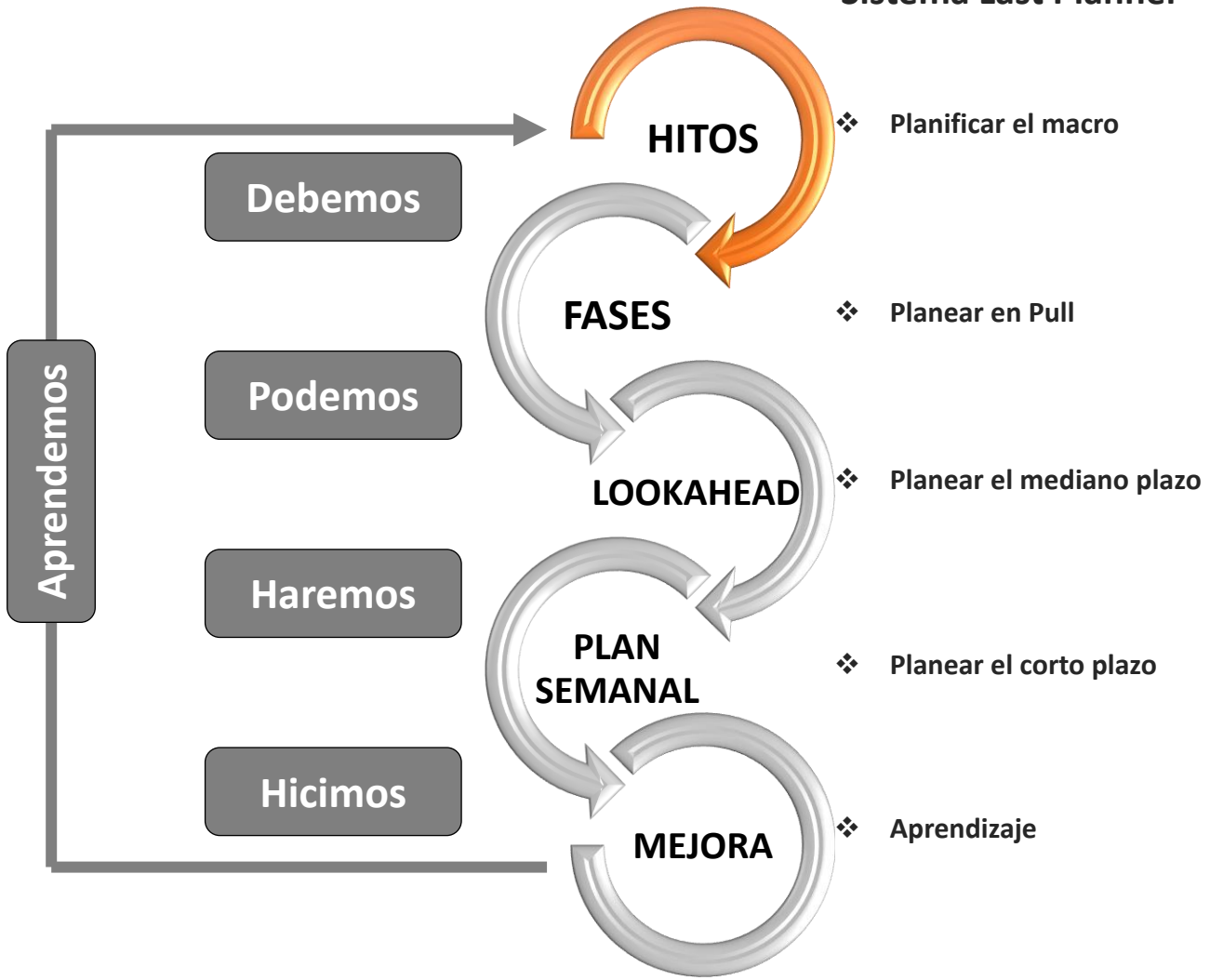


- Planificar el macro
- Planear en Pull
- Planear el mediano plazo
- Planear el corto plazo
- Aprendizaje

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Sistema Last Planner® Debo – Puedo – Haré - Hice

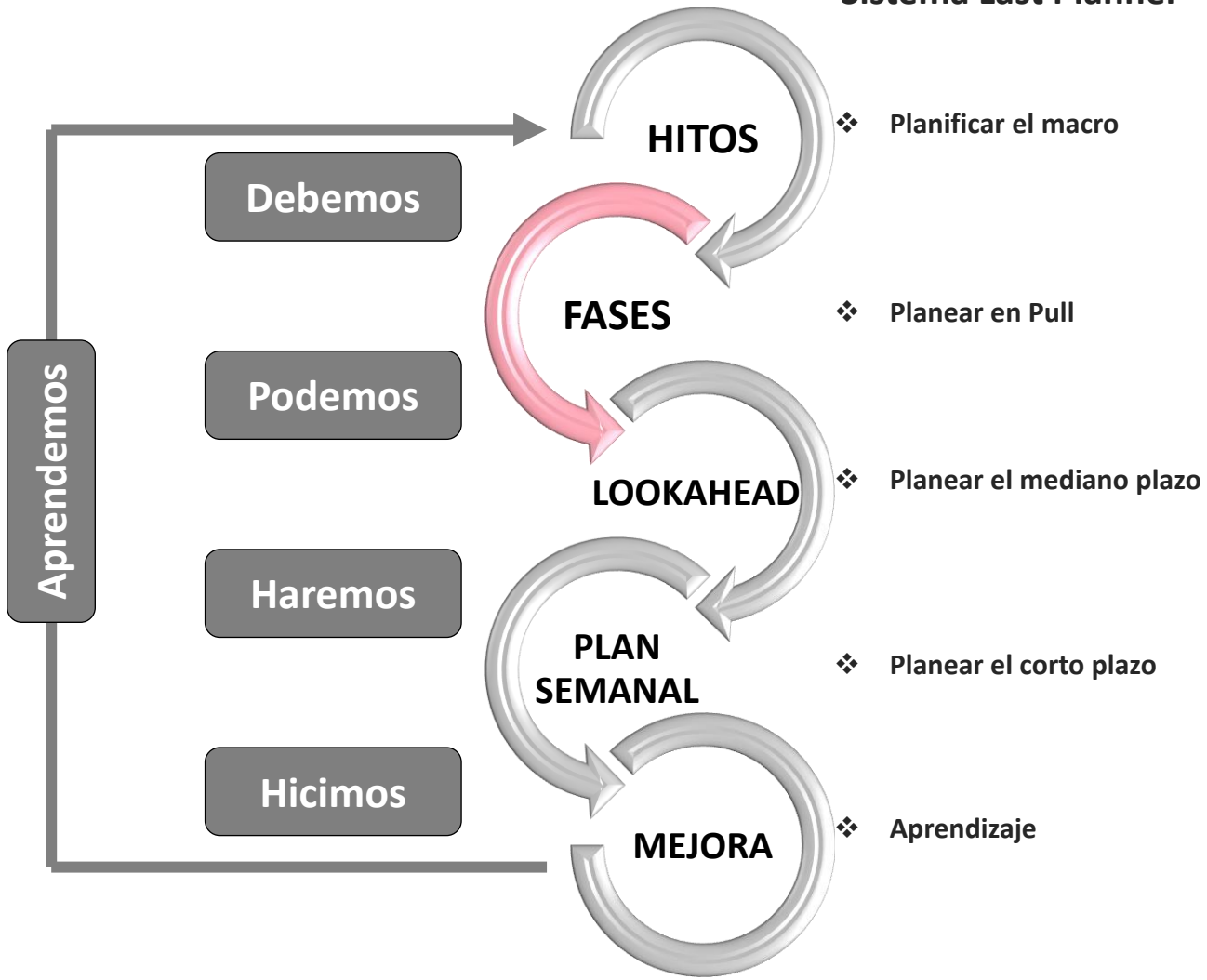


- **Un planeamiento PROFUNDO en análisis pero SIMPLE en su presentación.**
- **Contemplar una menor cantidad de actividades. Por ejemplo 30 vs Cientos.**
- **Seguimiento hasta confirmar la viabilidad del proyecto.**
- **Identificación de elementos que requieran de una gestión de abastecimiento significativa.**
- **Determinar las fases para el proyecto.**

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Sistema Last Planner® Debo – Puedo – Haré - Hice



- **Determinación y consenso de los hitos del proyecto (contractuales y propios).**
- **Estimaciones macro de un conjunto de actividades con mayor grado interrelación.**
- **Identificación y entendimiento de roles de los miembros del equipo.**
- **Desarrollo del plan de trabajo.**
- **Empoderamiento de funciones del equipo, se obtiene mayor compromiso y confianza.**
- **Se verifican las fechas fin y se trabaja aguas arriba.**
- **Se revisa la información validada hasta ese momento.**
- **Empieza el proceso de análisis para los lotes de transferencia.**
- **Elaborar estrategias de gestión visual.**
- **Inician los esquemas de reuniones de planificación.**

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

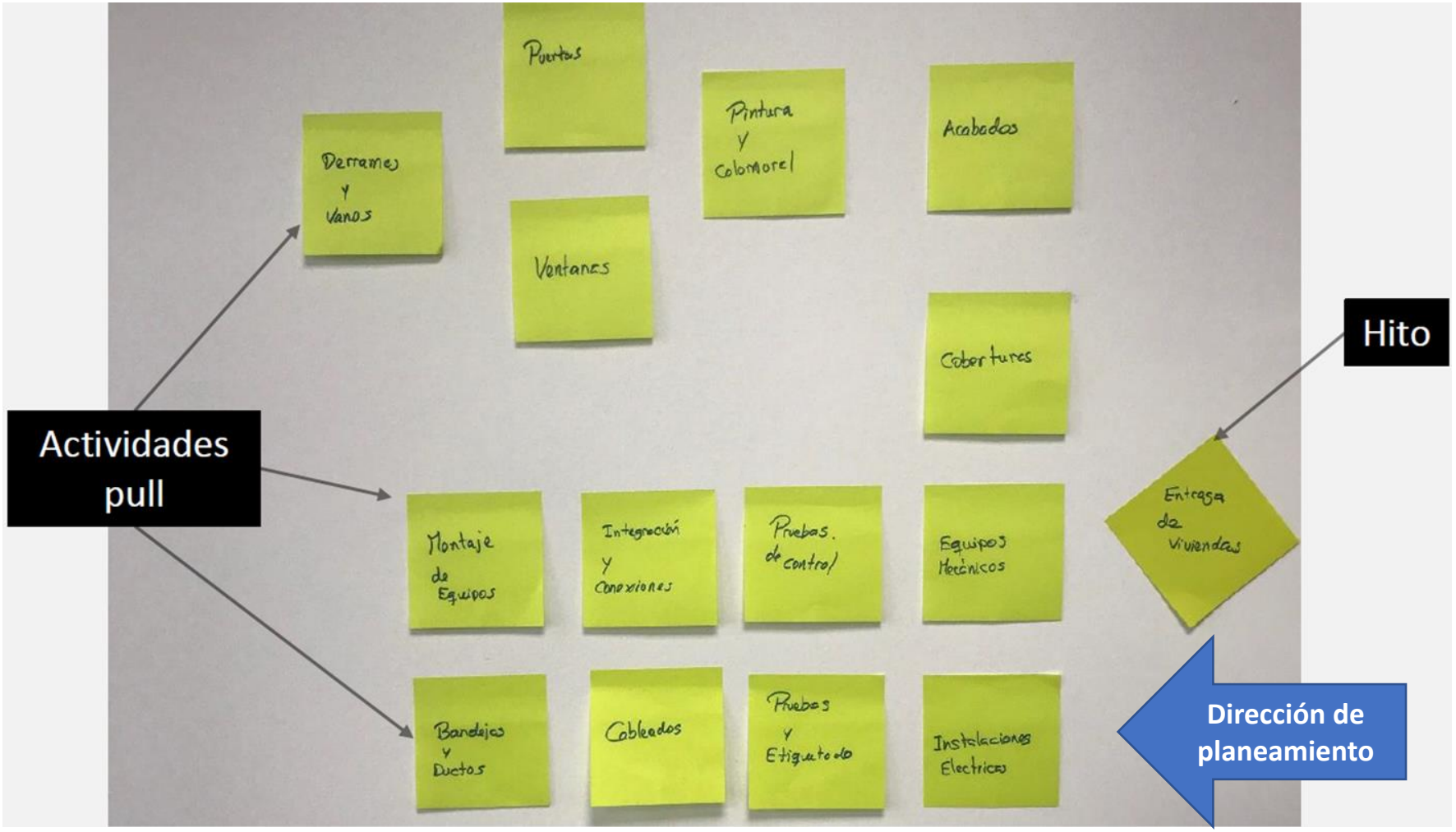
Todo alcance de un proyecto está definido por lo establecido en un contrato y toda la documentación directa como anexa. En ella se especifican todas las actividades que deberán cumplir con los objetivos, necesidades, requerimientos y obligaciones a los cuales el contratado está sujeto.

PLANIFICACIÓN PULL

- **Con este método se toman en cuenta todas las actividades involucradas en la entrega de un hito.**
- **Empezamos con el fin de un hito con una dirección aguas arriba.**
- **Se muestran las actividades asociadas a ese hito.**
- **Fomenta conversaciones de coordinación en relación con condiciones para transferencias.**
- **Tiene lugar en el plan de fases.**
- **Brinda mayor confianza y sentido de equipo.**

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN



Fuente: Imagen del LCI Perú

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

03 reglas para colocar los post it

PULL

Coloque una tarea solo cuando sea necesaria por su “cliente”

COLABORAR

Anuncie su tarea en voz alta – esto es un trabajo en equipo

COMPROMETA

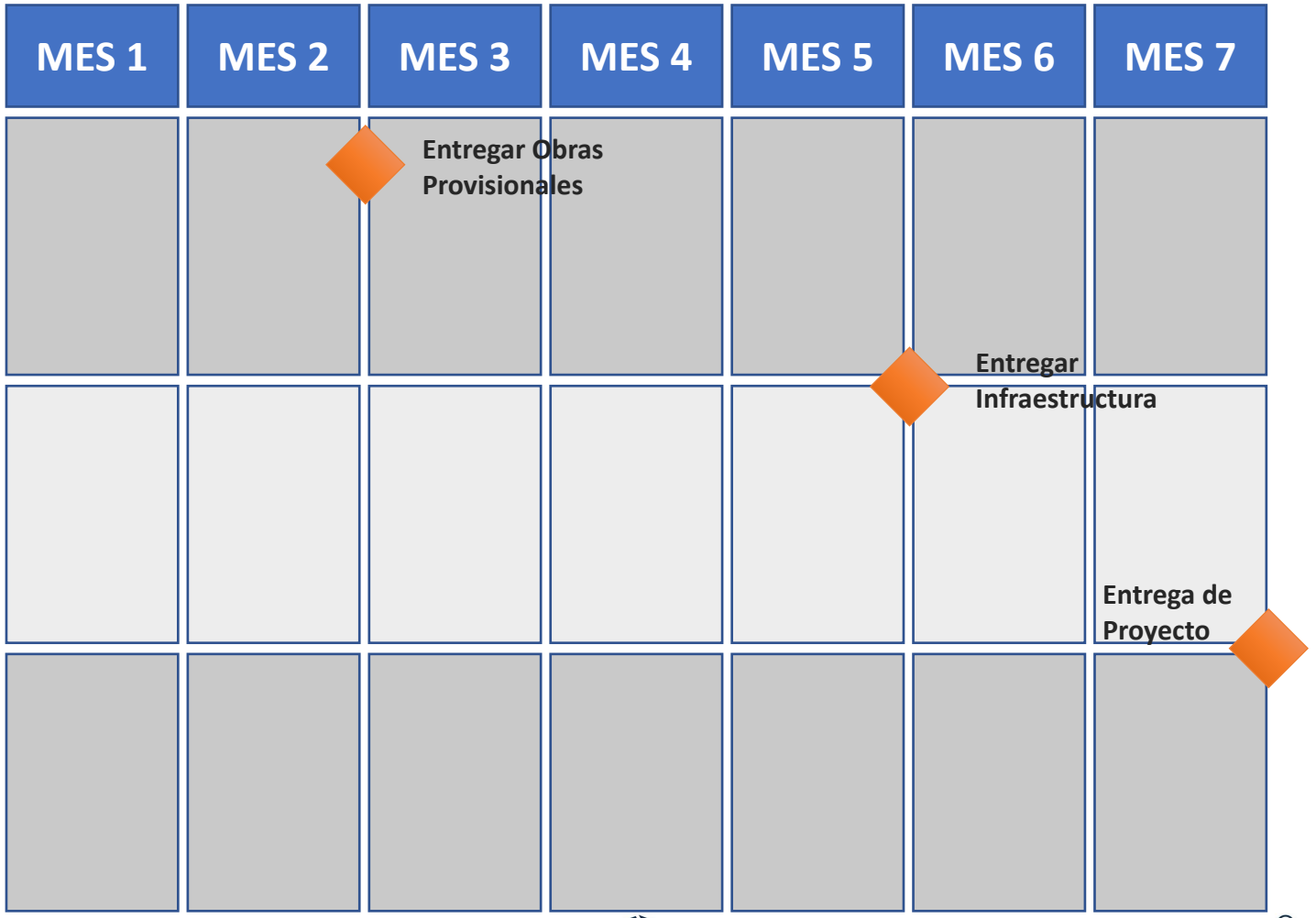
Trate su post – it como compromisos y respete el compromiso de los demás

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.



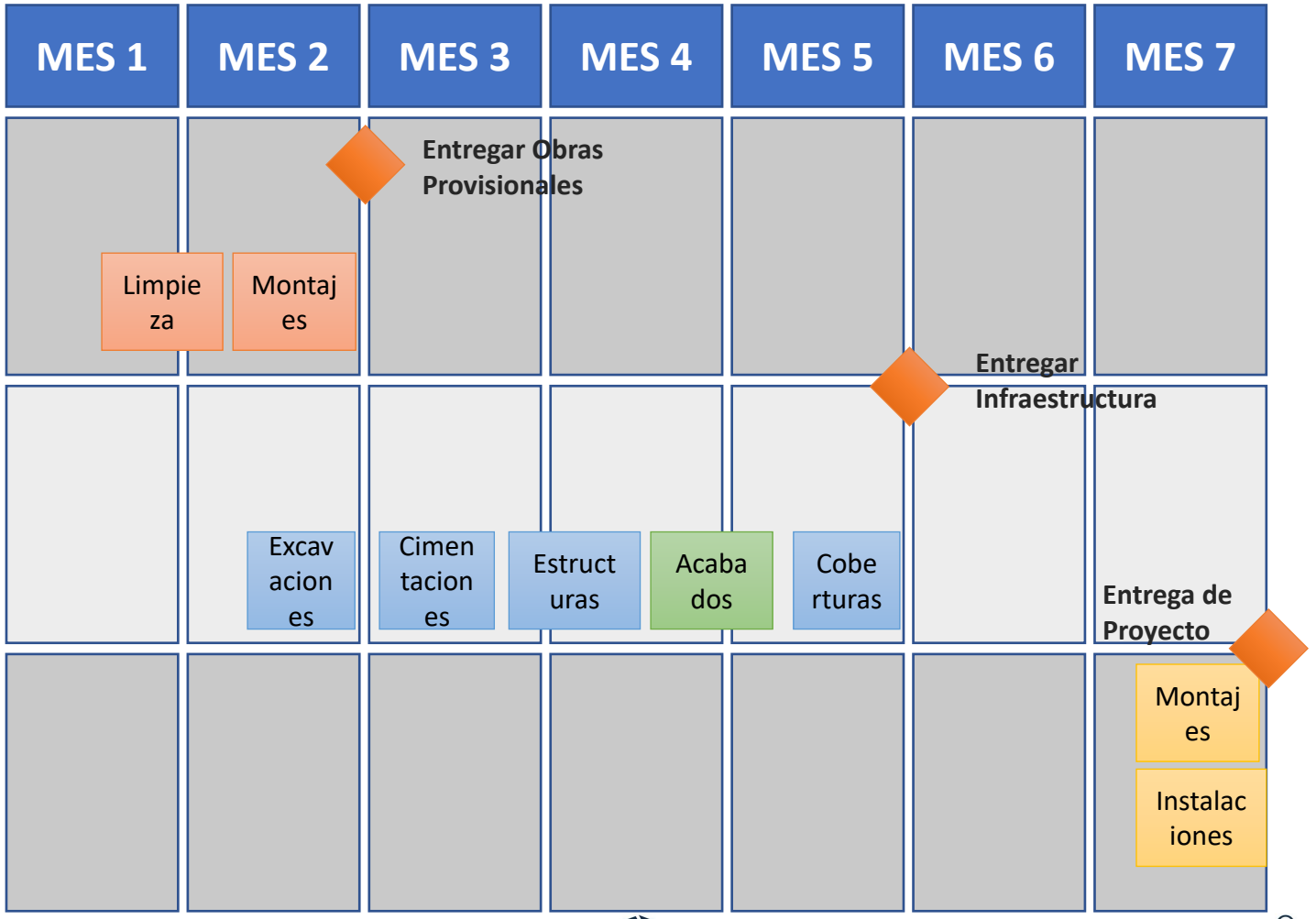
LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.

2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.

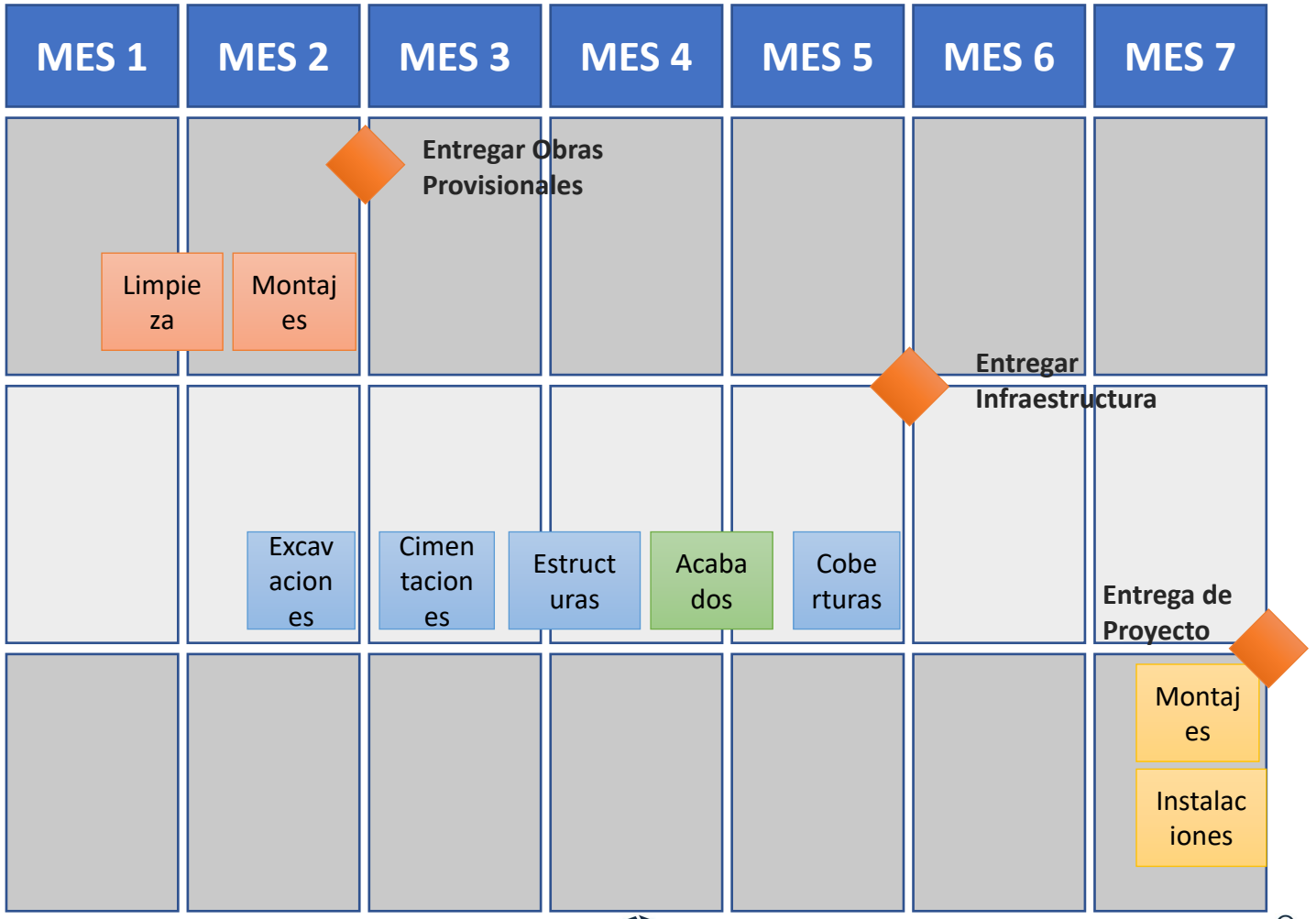


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.

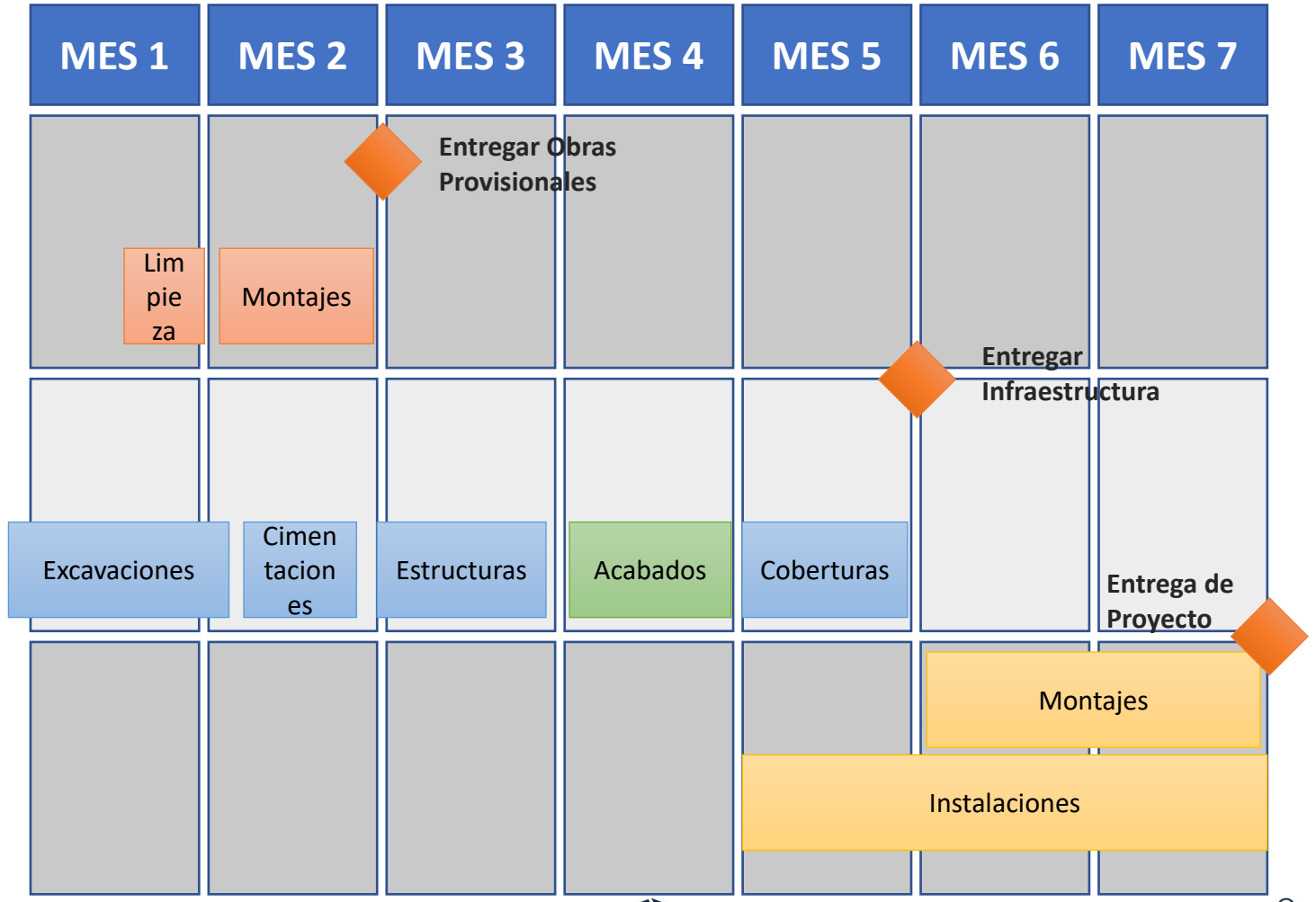


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.

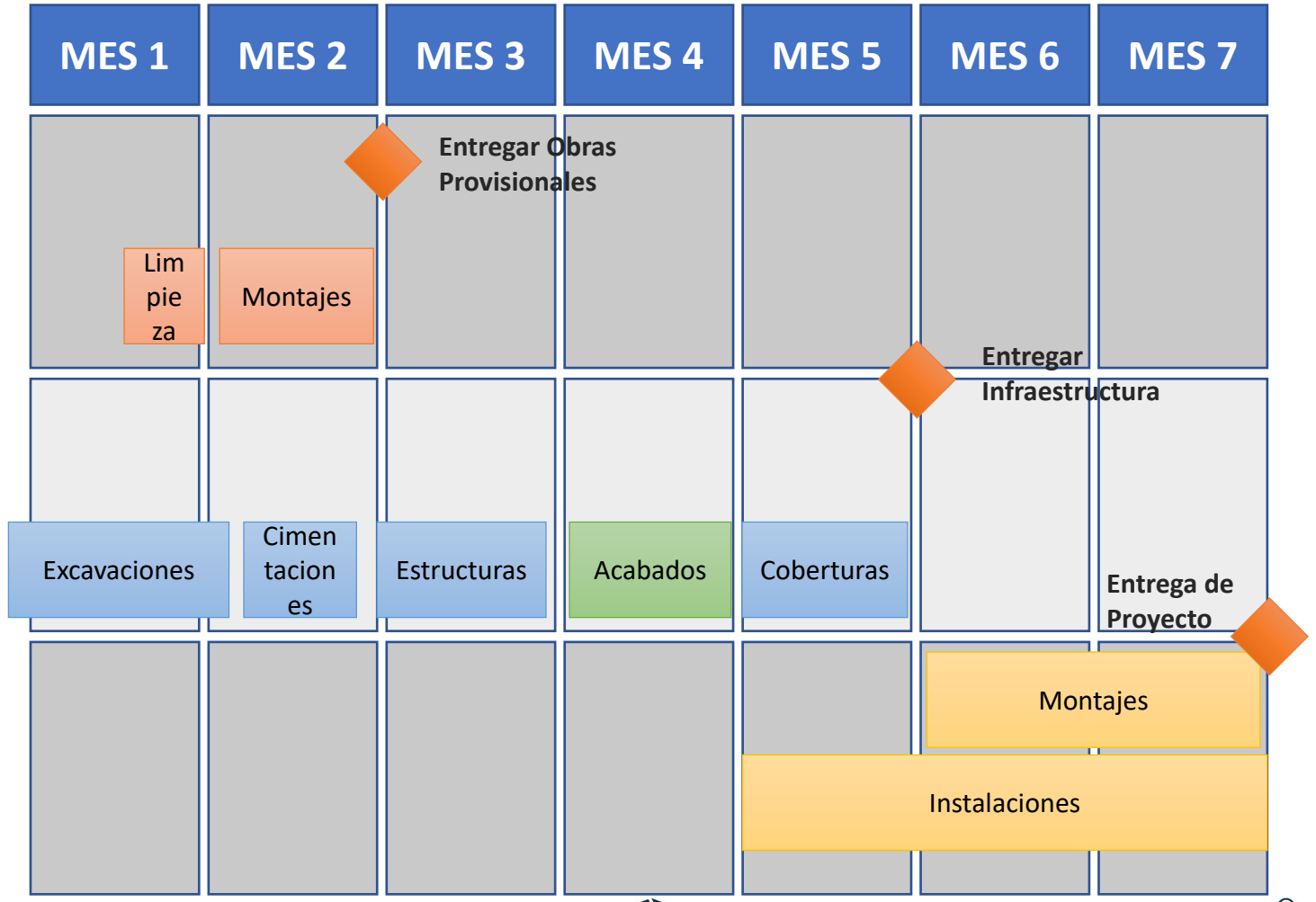


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.

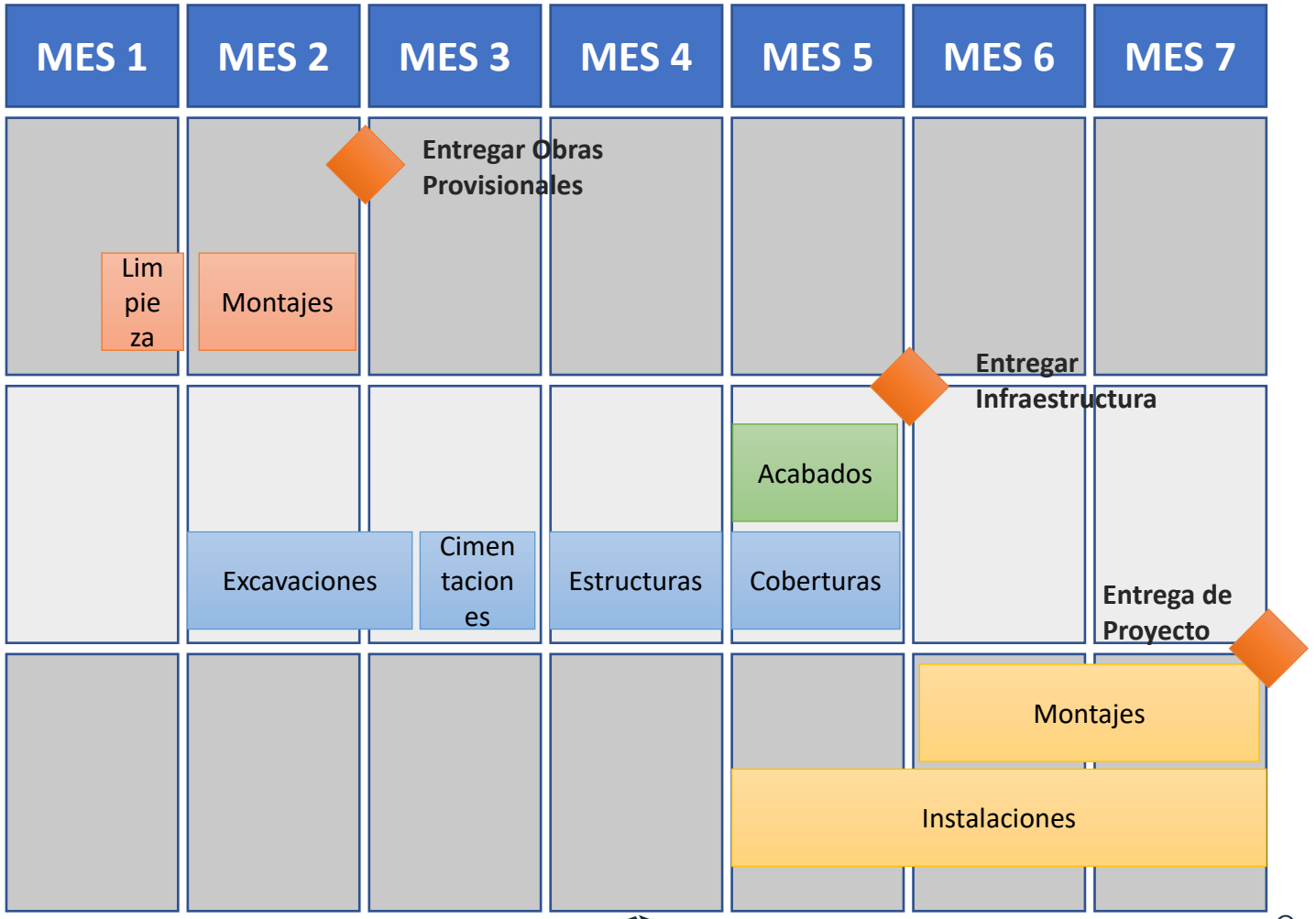


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.

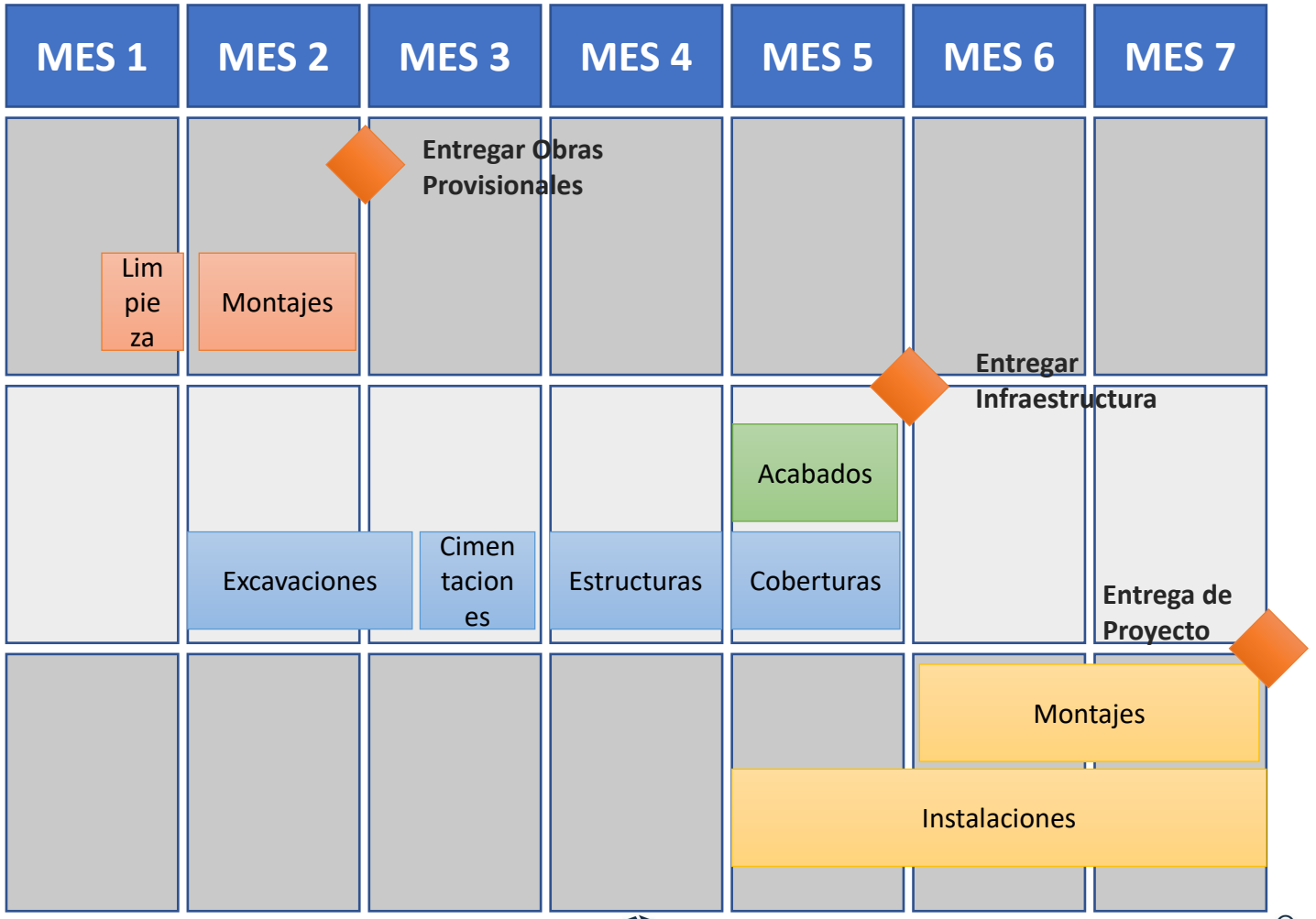


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.
5. Determinar la mejor fecha de inicio.

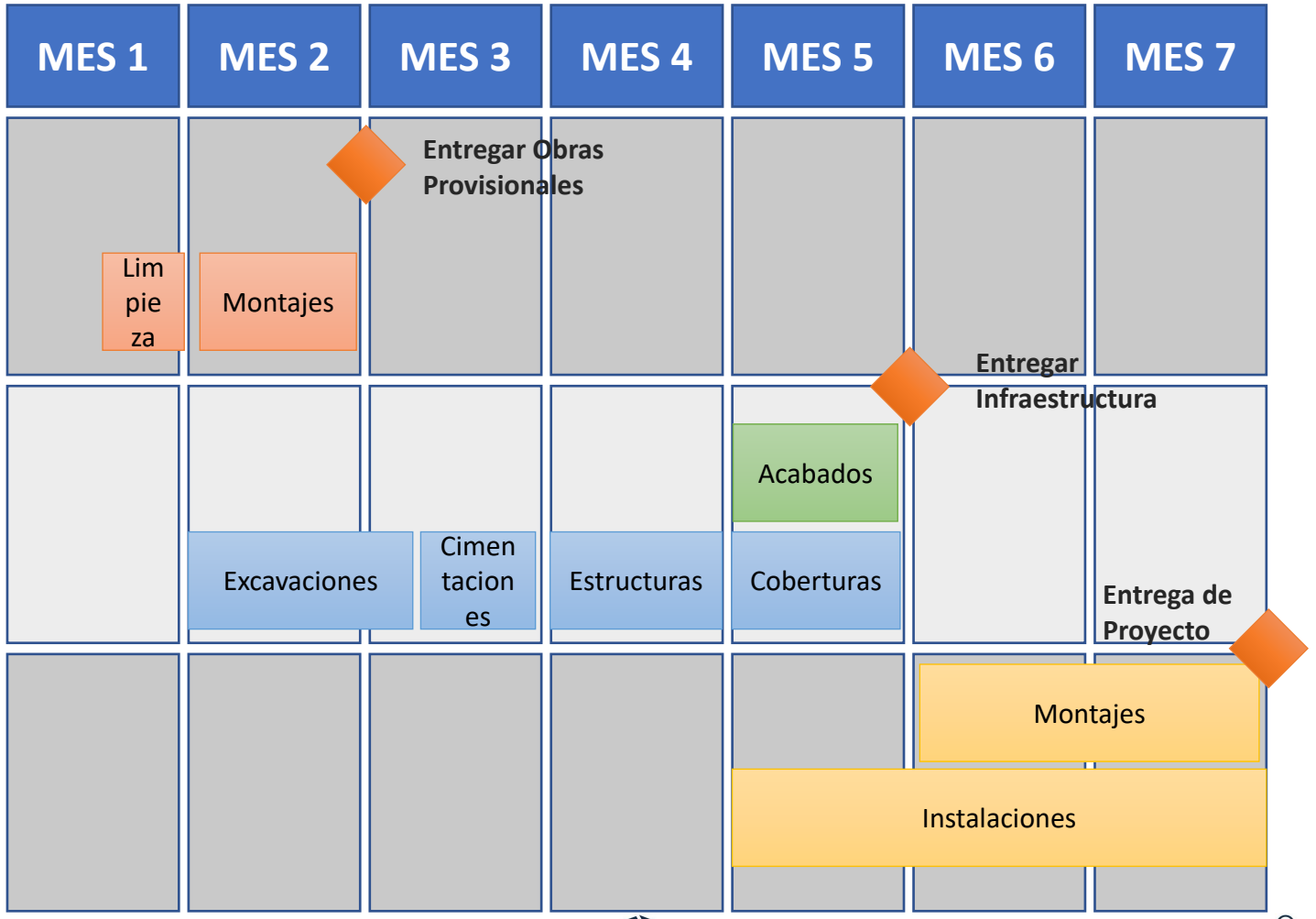


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.
5. Determinar la mejor fecha de inicio.
6. Decida qué actividades necesitan buffers, ordenadas de acuerdo con la variabilidad.

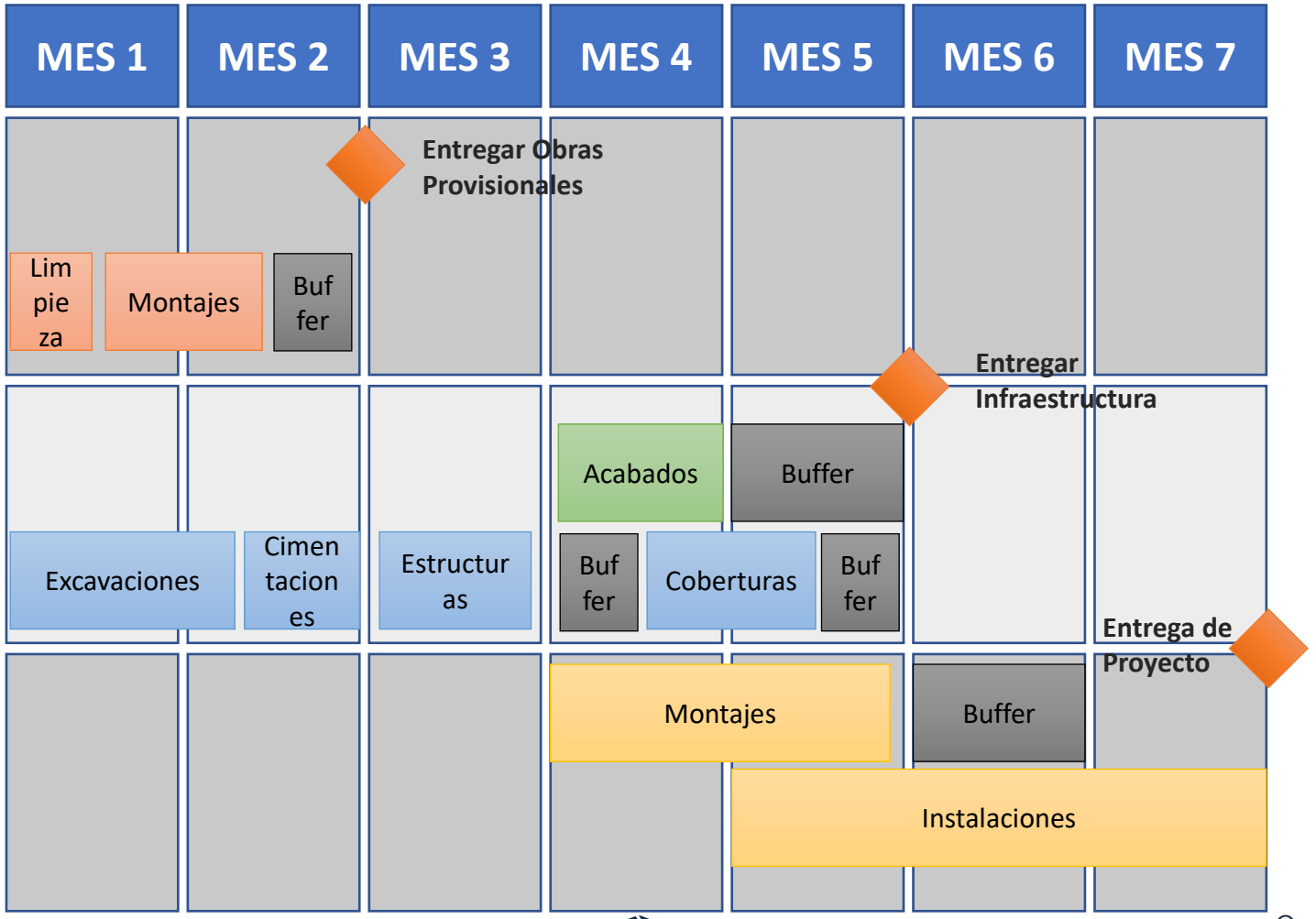


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.
5. Determinar la mejor fecha de inicio.
6. Decida qué actividades necesitan buffers, ordenadas de acuerdo con la variabilidad.

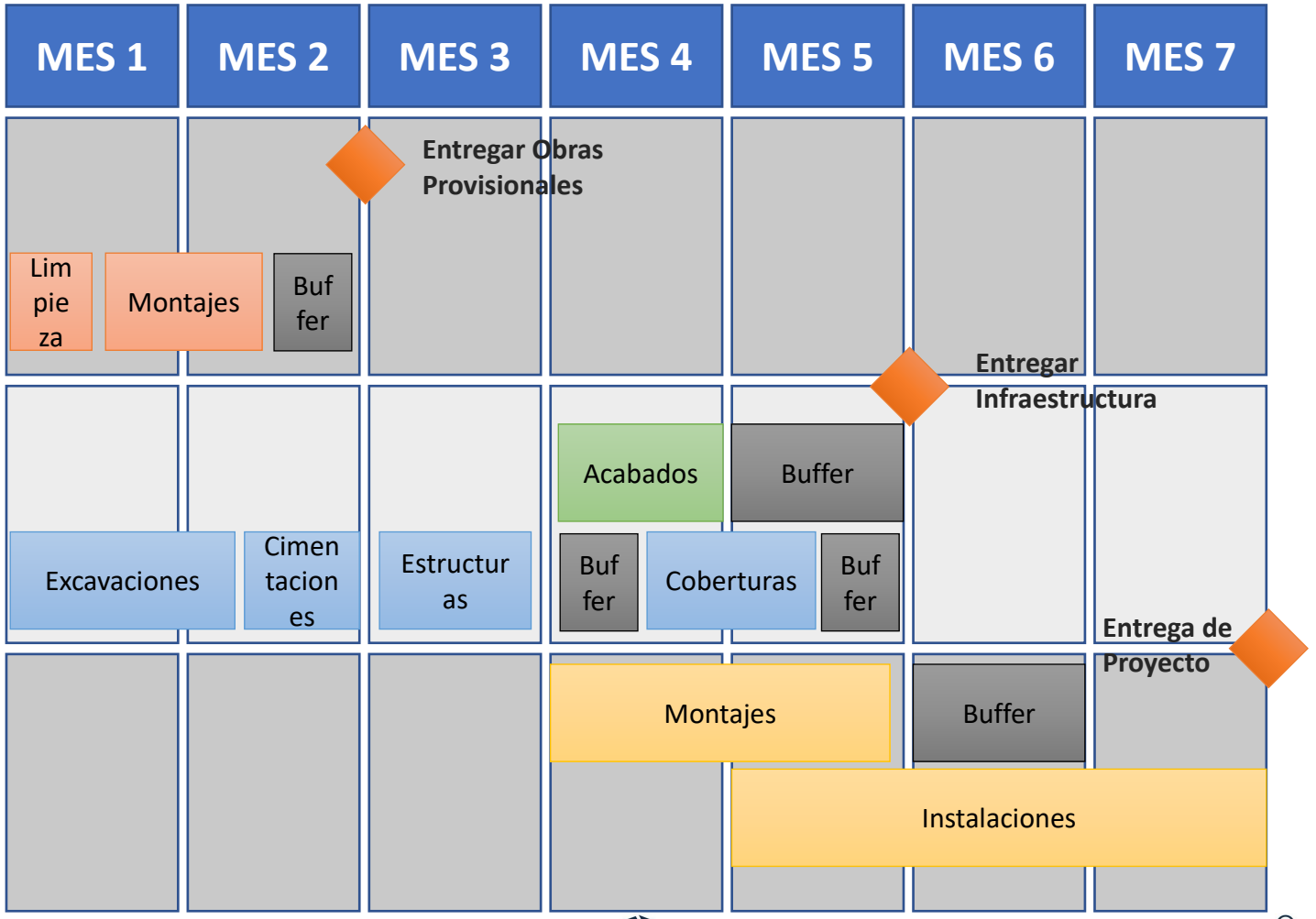


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Proceso para el planeamiento pull

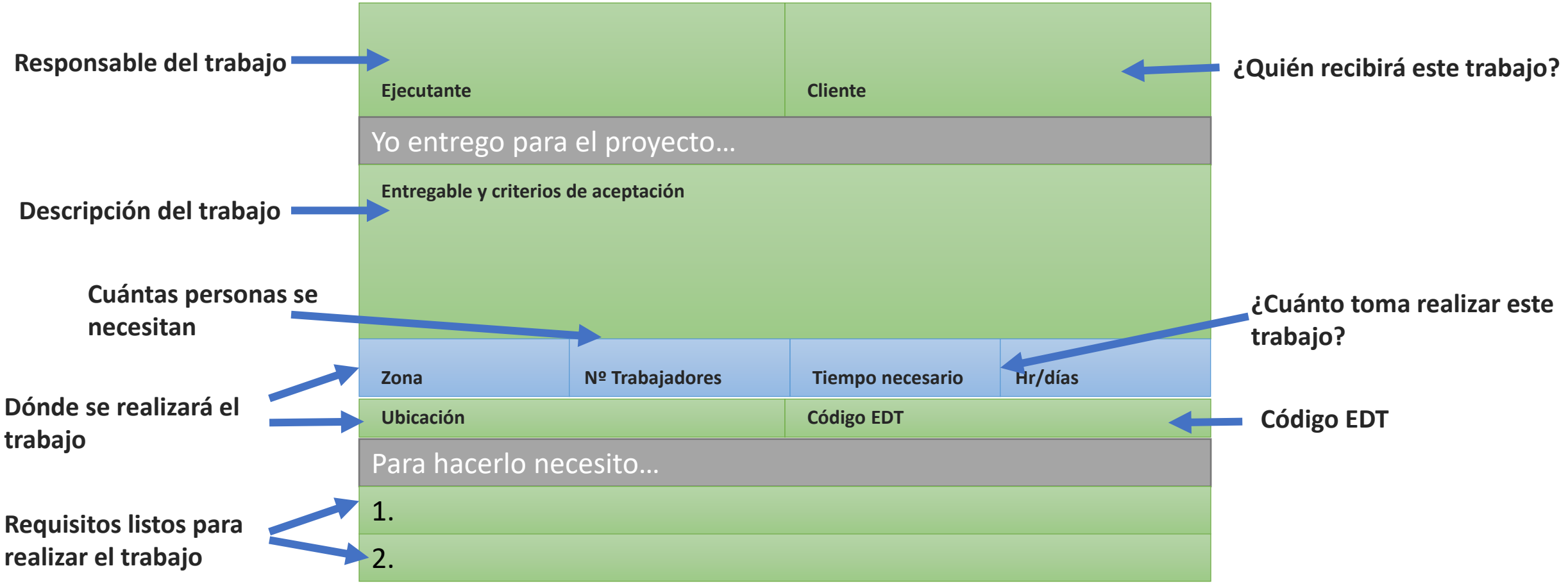
1. Defina las fases de trabajo y sus fechas de entrega.
2. Planifique aguas arriba las actividades necesarias para cada fase. Realizarlo colaborativamente.
3. Agregar las duraciones a cada actividad, sin considerar ningún buffer.
4. Revisar la lógica de lo que se va planeando para tratar de comprimir la duración.
5. Determinar la mejor fecha de inicio.
6. Decida qué actividades necesitan buffers, ordenadas de acuerdo con la variabilidad.
7. Llegar a un consenso con el equipo en relación a la cantidad de buffers y determinar si son los suficientes para alcanzar los hitos.



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Tarjetas de planificación Pull



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Tarjetas de planificación Pull

Tarjeta de planificación de actividades

Yo entrego:
Duración:
Yo necesito:

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

Ejemplo de Pull plan

Fuente: Imagen previa a la pandemia - LCI Perú

03. PLANEAMIENTO LEAN

Sesiones de Planificación Lean

Frecuencia	Reunión	Objetivo	Duración
Diaria	Coordinación Diaria	Declarar el cumplimiento y conformidad de actividades	5 – 10 minutos
Semanal	Plan de producción	Elaborar el plan de Lookahead y establecer el plan semanal	45 – 90 minutos
Semanal	Plan de obra	Asegurar compromisos para el levantamiento de restricciones	2 – 4 horas
Bimestral	Plan pull de fases	Analizar las transferencias entre disciplinas	1 – 2 días

03. PLANEAMIENTO LEAN

Matriz de responsabilidades

Identificar procesos.

Identificar puestos.

Identificar actividades.

Colocarlas de acuerdo al proceso

PROCESOS	ACTIVIDADES \ PUESTOS	CTA	Gerente de Proyecto	Director de proyecto	Vice director de proyecto	Administrador de contrato	Residente	Jefe de Producción	Ing. Producción	Ingeniería	Jefe de Oficina Técnica	Ing. de Subcontratas	Ing. de costos y presupuestos	Jefe de procura	Adjunto de procura	Jefe de almacén	Despachador	OP/ Logística	OP/ Reclutamiento
Proceso de Adquisición de Suministros Críticos (Equipos y Materiales)	Elaboración de MR/CR										E								
	Elaboración de solicitud de cotización													E	E				
	Recepción y consolidación de consultas													E	E				
	Elaboración de respuesta a consultas									E									
	Envío de respuesta a consultas													E	E				
	Recepción de propuesta (sobre cerrado)													E	E				
	Apertura de sobres de propuestas		I	R	R						R			R	R				
	Elaboración y presentación de análisis técnico									E									
	Elaboración y presentación de análisis comercial										E			E	E				
	Elaboración y presentación de cuadro comparativo		I	F	F						V			E	E				
	Revisión de homologación y short list		I	V	V						V			E	E				
	Negociación final de compras y/o servicios		I	E	E						E			E	E				
	Elección de proveedor (de acuerdo a monto)	A	I	A	A						E			E	E				
	Elaboración de contrato de compras y/o servicios		I	F	F	V					F			E	E				
	Emisión de requerimiento de materiales y/o servicios (Formato excel)										E								
	Generación de S.I.										A					E			
	Generación de O.C. en Oracle (aprobación según jerarquía)	A	I	A	A									A	A			E	
	Generación de O.S. en Oracle (aprobación según jerarquía)	A	I	A	A						A	E	A						
	Envío de Orden Oracle a Proveedor													E	E				

Identificar responsables y funciones.

Revisión	R
Aprobación	A
Validación	V
Ejecución	E
Firma	F
Seguimiento	S
Información	I

Fuente: LCI Perú

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

03. PLANEAMIENTO LEAN

RESUMEN

- ✓ **Para planificar es necesario entender y tener organizado el alcance del proyecto.**
- ✓ **El planeamiento Lean busca asegurar interfaces limpias de las disciplinas usando pull plan.**
- ✓ **El soporte del proyecto se debe diseñar teniendo en cuenta el diseño del sistema de producción y se asegura estableciendo lead times y acuerdos de nivel de servicio**

IMÁGENES PREVIAS AL INICIO DE LA PANDEMIA

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Industria de variedad de productos

01

Único en su tipo o pocos

02

Bajo volumen, muchos productos

03

Grandes volúmenes, varios productos importantes

04

Volumen muy alto, producto estándar (mercancía)

VARIEDAD DE PRODUCTOS

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Industria de patrones de procesos

01

Flujo muy desordenado; segmentos de proceso muy poco vinculados

Flujo desordenado, pero existe un flujo dominante

02

Línea de flujo. Trabajador

03

Flujo de línea. Ritmo de la maquinaria

04

Flujo rígido continuo y automatizado

Patrón de procesos

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®

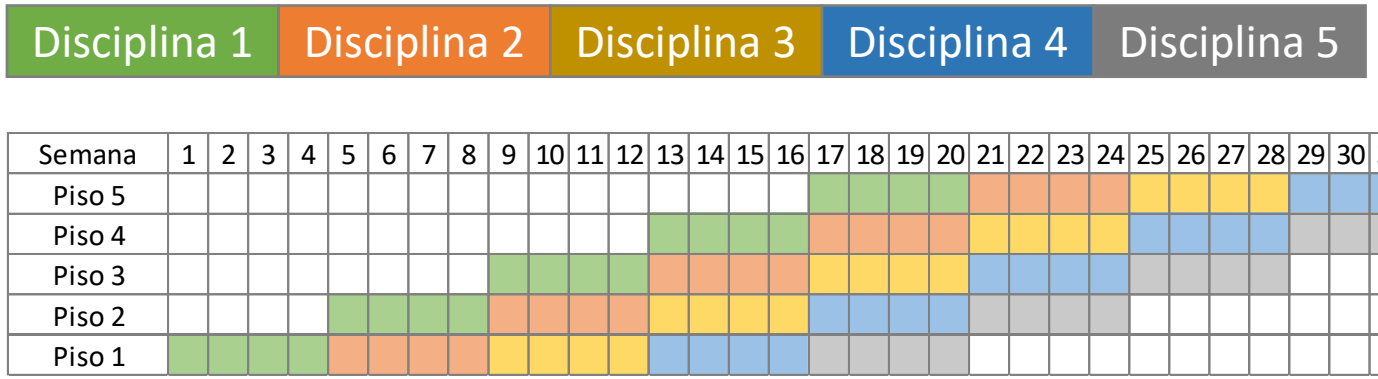
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Producción por lotes y colas (Push)

- **Se crea un “lote” de unidades.**
- **Estos terminan en una “espera” o “cola de producción”**
- **Esta espera continua hasta que el flujo las necesite, comúnmente utilizado en la construcción para crear buffers, como por ejemplo:**
  - **Montaje de luminarias en lotes para crear una instalación de almacenamiento.**
  - **Excavar todas las zapatas, luego instalar secuencialmente barras de refuerzo.**

En un proyecto de 5 pisos

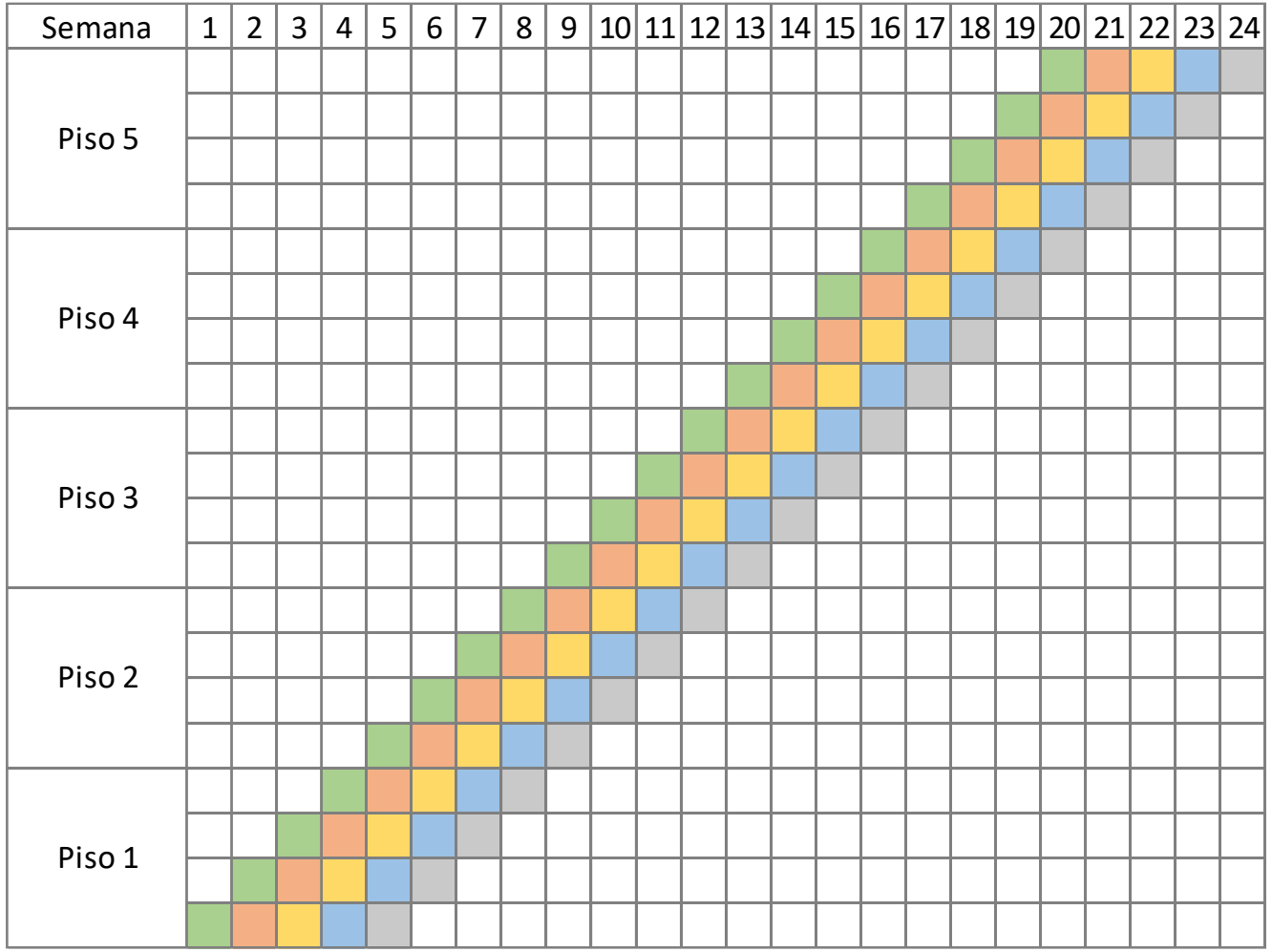


Trabajando un solo piso a la vez, tomará 36 semanas

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

En un proyecto de 5 pisos



Se finaliza en 24 semanas

✓ **Trabajando 4 sectores por piso**

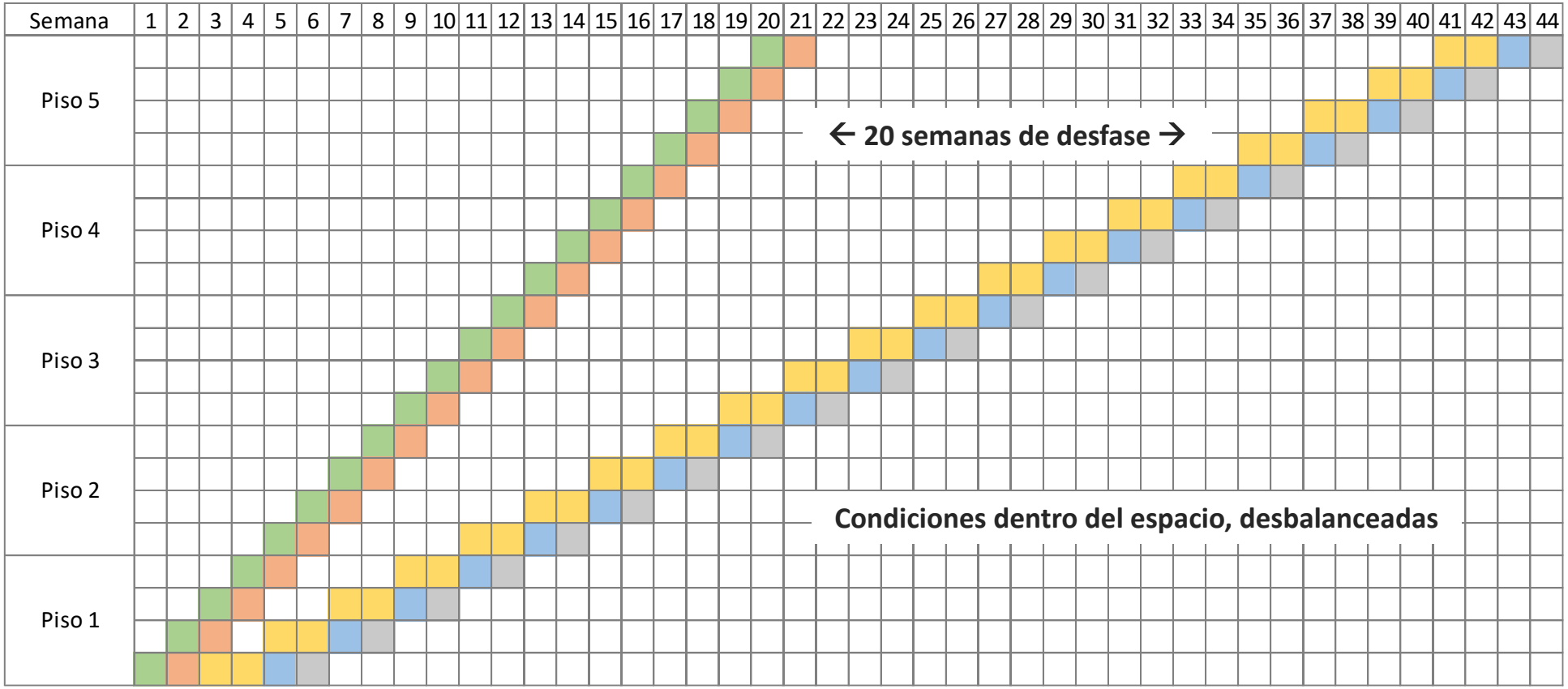
12 semanas = ¡3 meses antes!

Disciplina 1 | Disciplina 2 | Disciplina 3 | Disciplina 4 | Disciplina 5

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Cuando el tamaño del lote es desigual

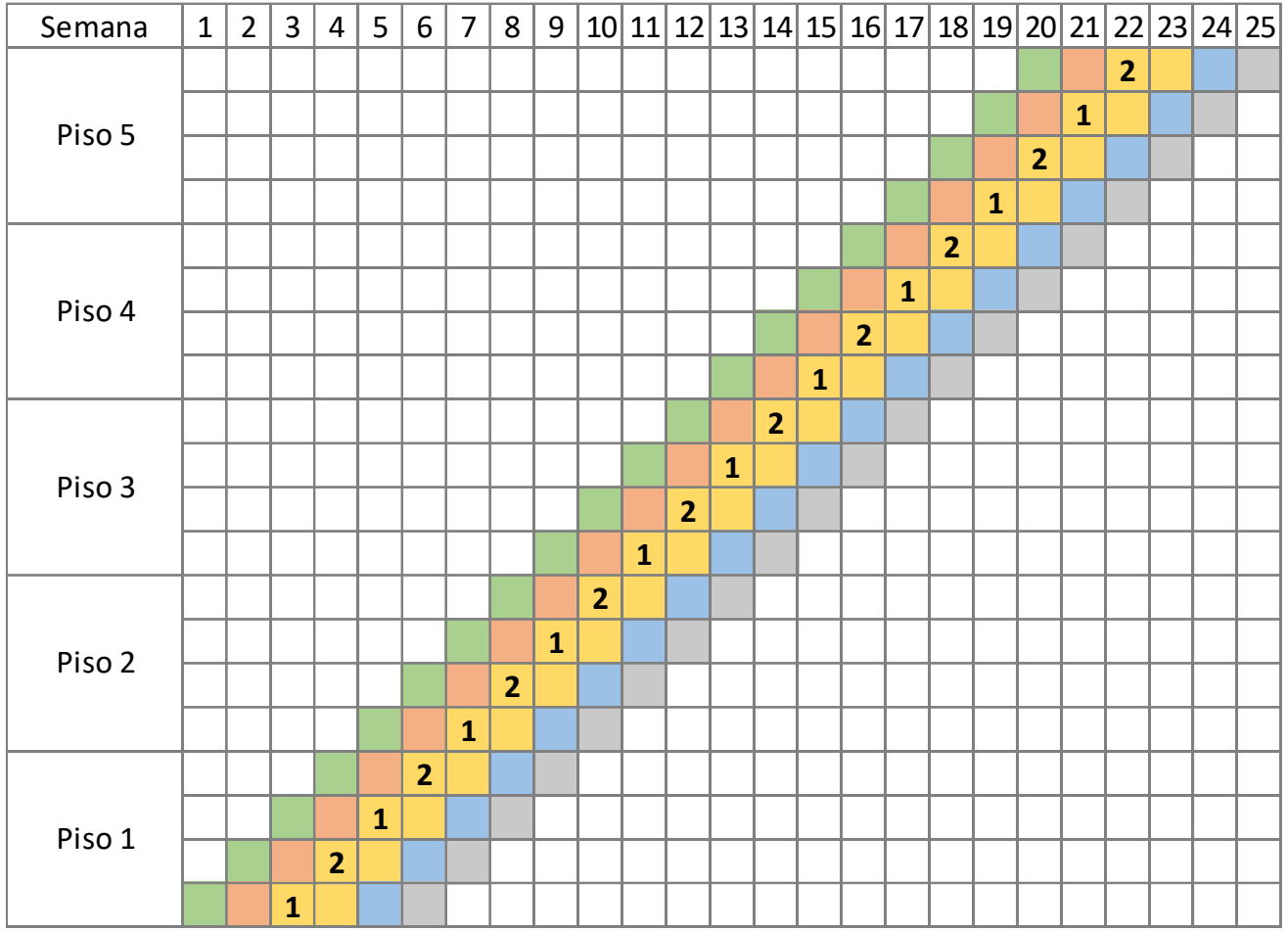


Disciplina 1 | Disciplina 2 | Disciplina 3 | Disciplina 4 | Disciplina 5

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Empleando un equipo más para balancear



Utilizando un equipo de trabajo adicional alternando una semana, reducimos el desfase

Disciplina 1 | Disciplina 2 | Disciplina 3 | Disciplina 4 | Disciplina 5

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Producción de Flujo Continuo (Pull)

- **Una unidad se procesa en cada estación de producción secuencialmente; no se producen lotes de unidades. Esto produce:**
  - **Un flujo de trabajo continuo.**
  - **Menores costos debido a una menor necesidad de: Materiales, espacio, M.O., transporte almacenamiento y seguridad.**
  - **Identificación rápida de problemas de calidad.**
- **También llamado flujo de una sola pieza o justo a tiempo → Justificado por el tiempo (JIT).**
- **Produce según la demanda de los clientes, sólo lo que se necesita, cuando se necesite, en la cantidad necesaria.**
- **El flujo continuo completo es sólo un ideal debido a la variación.**
- **Ejemplos del sistema Pull:**

- **Entrega de material cuando el sitio está listo para ser recibido.**
- **Programación del trabajo comercial utilizando el plan semanal.**
- **Escoger los clavos de un cinturón de herramientas uno a la vez para martillar en su lugar.**

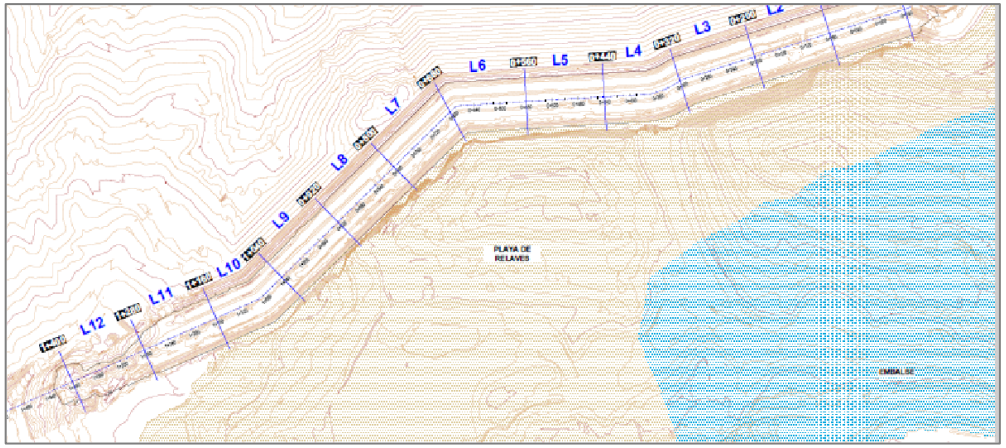
LCM LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

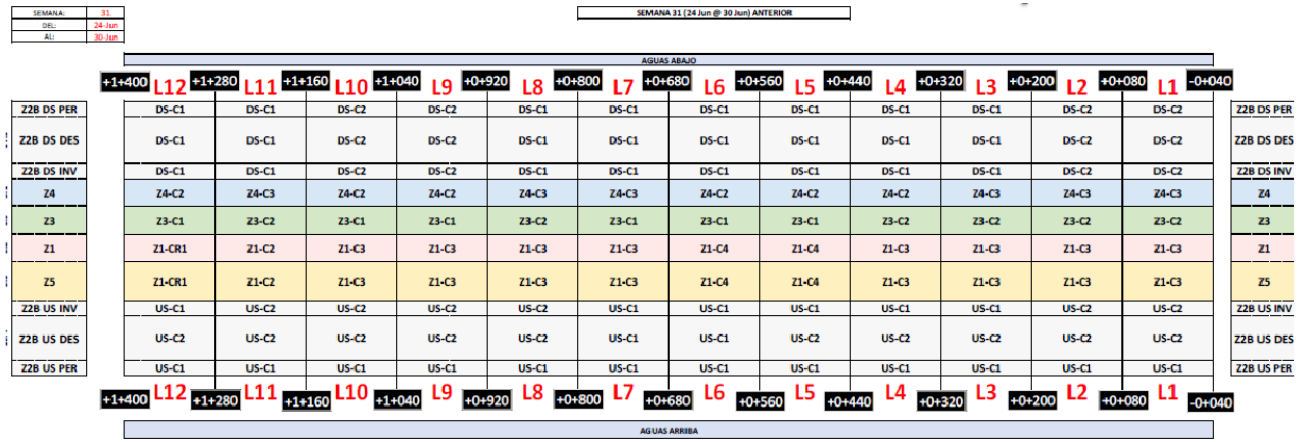
04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Ritmo de la Producción – Takt time plan

Taktzeit (ritmo), es el tiempo promedio en la industria de producción en el que una unidad de medida deja un sistema de producción o también llamado tiempo de ciclo

¿Por qué sectorizamos?





LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

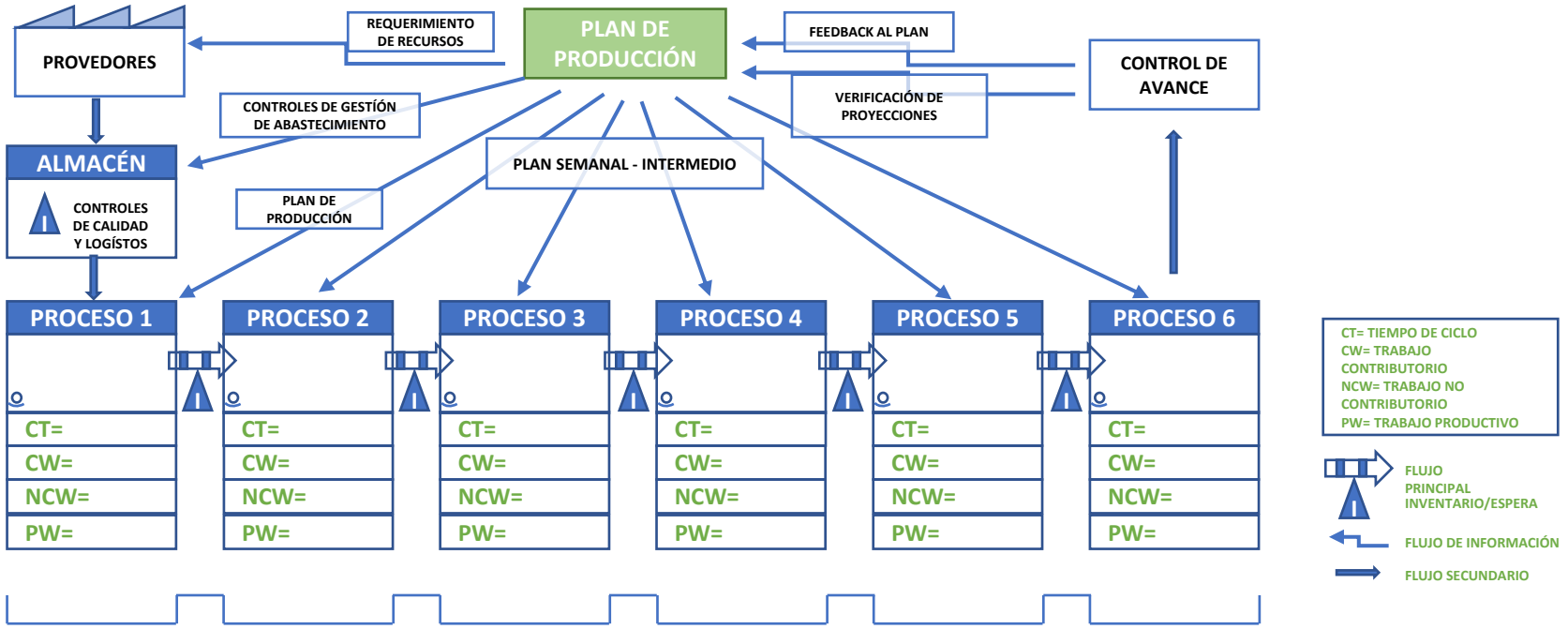
Trenes de Trabajo

Un método de 5 pasos para planear el ritmo de la producción

¿Cuándo Planificar en tren?

Mapeo la cadena de valor de una actividad (VSM)

- **Un mapa de flujo de valor es una visualización en 2D de un proceso que se produce en un tiempo y espacio en 3D.**
- **Existen muchas formas de hacer un mapa de flujo de valor, incluso de un proceso simple.**
- **El objetivo es capturar y comunicar las características claves del mapa.**
- **Evitar los detalles innecesarios de cada paso.**

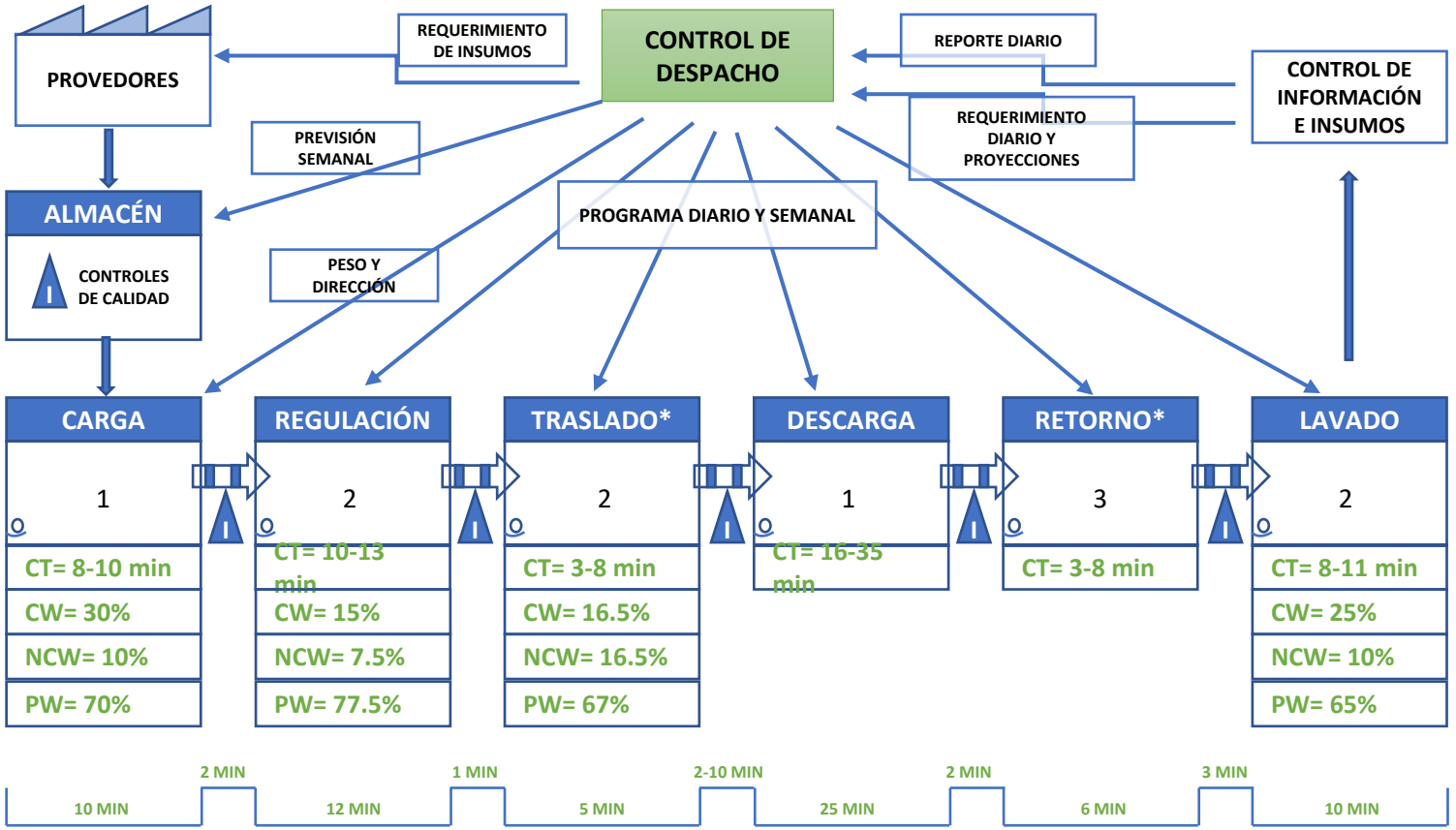


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Mapeo la cadena de valor de una actividad (VSM)

Ejemplo: VSM Actual – Despacho de Concreto en obra



CT= TIEMPO DE CICLO
CW= TRABAJO CONTRIBUTORIO
NCW= TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
PW= TRABAJO PRODUCTIVO

FLUJO PRINCIPAL
INVENTARIO/ESPERA
FLUJO DE INFORMACIÓN
FLUJO SECUNDARIO

Los mapas de cadena de valor deben permitir:

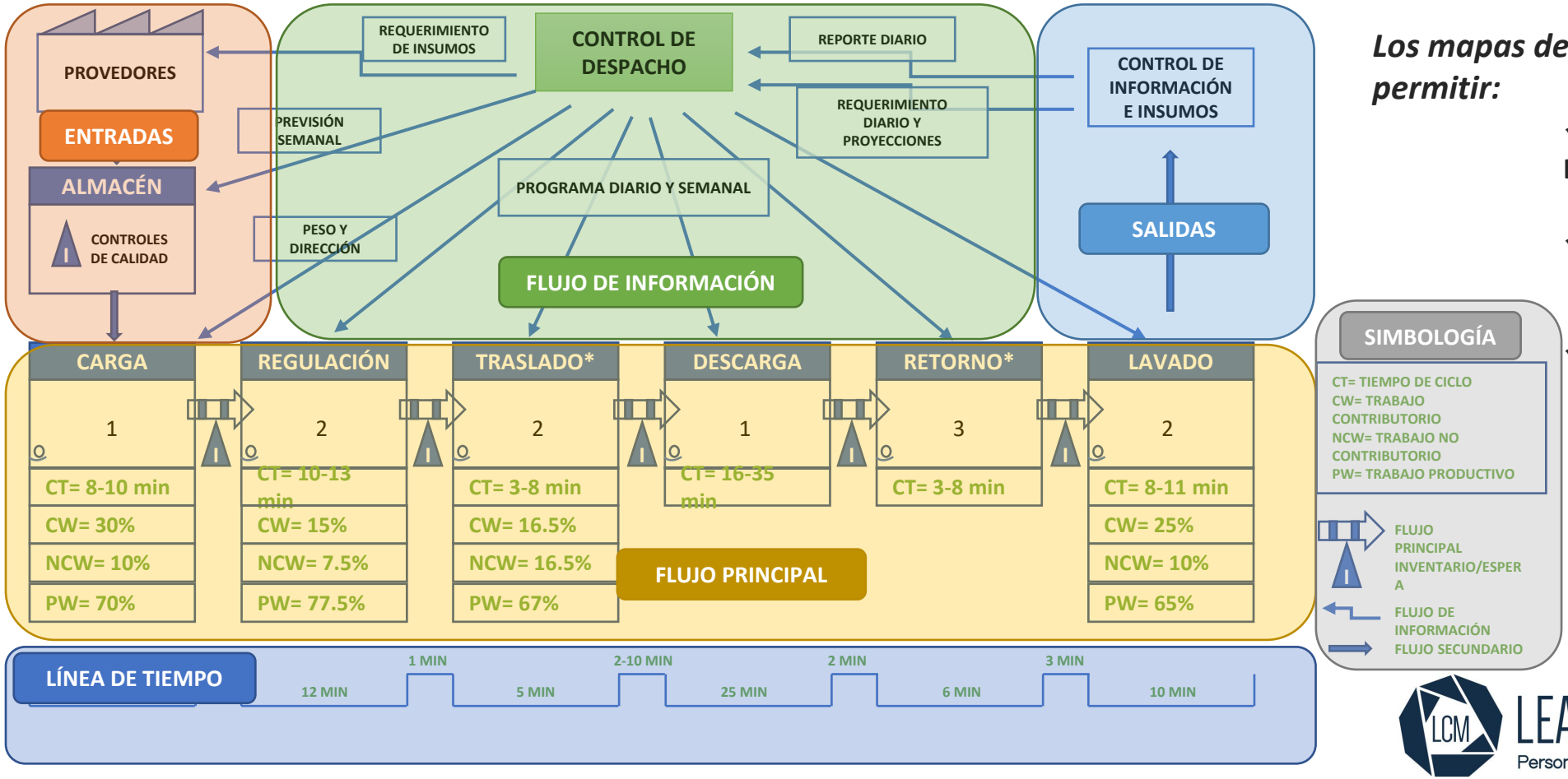
- ✓ **Visualizar estrategias y sistemas. Entender el flujo.**
- ✓ **Simplificar procesos y flujos al ser actualizados.**
- ✓ **Optimizar la gestión de flujos y procesos.**

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Partes de un VSM

Ejemplo: VSM Actual – Despacho de Concreto en obra



Los mapas de cadena de valor deben permitir:

- ✓ **Visualizar estrategias y sistemas. Entender el flujo.**
- ✓ **Simplificar procesos y flujos al ser actualizados.**
- ✓ **Optimizar la gestión de flujos y procesos.**

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Pasos para elaborar un mapa de flujo de valor

1. **Identificar el valor desde el punto de vista del cliente (entregable o elemento valorizable).**
2. **Identificar y listar las tareas, procesos, información necesaria para entregar el valor al cliente.**
3. **Definir si las tareas son de transformación, espera o decisión.**
4. **Identificar el flujo principal y ordenar las actividades, tareas y procesos que lo conforman en una línea horizontal.**
5. **Identificar los flujos secundarios y ordenar las actividades, tareas y procesos que lo conforman.**
6. **Obtener datos de duración de ciclo, tiempo de cambio, tamaño de lote, capacidad, % de desperdicios, variaciones, etc.**
7. **Calcular el tiempo de ciclo.**
8. **Analizar el mapa para identificar puntos de mejora.**

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

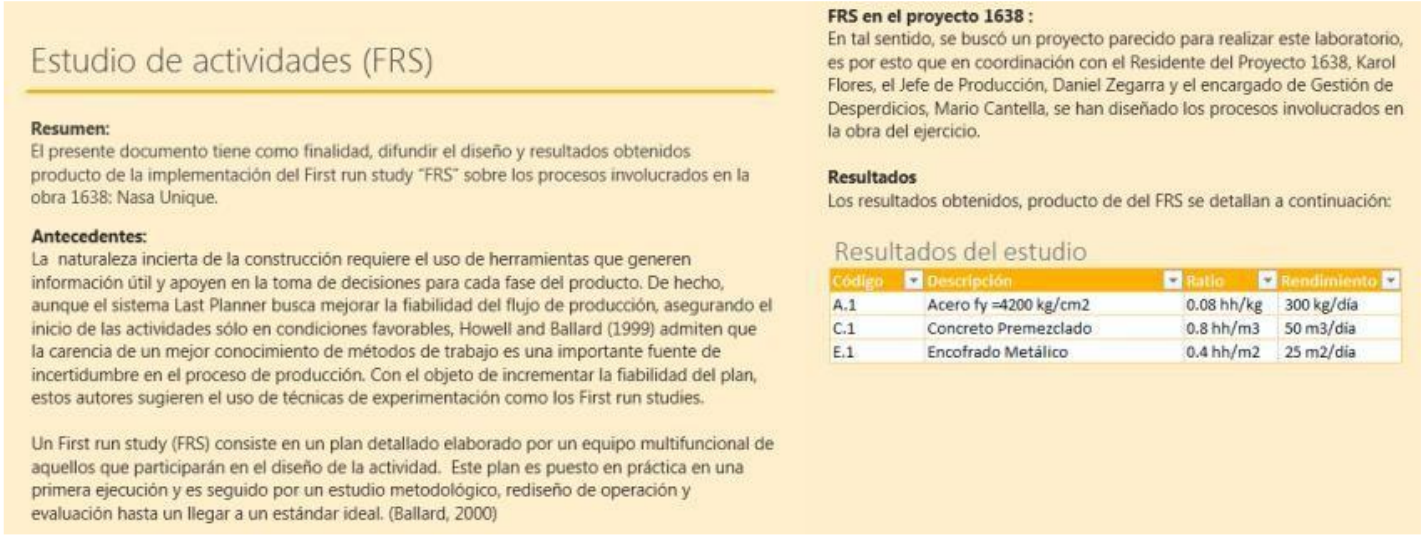
1. Recolección de Datos

Se desarrolla un FRS con el objetivo de recolectar datos de producción como ratios y rendimientos.

Estos valores serán nuestra base para estimar los recursos a ser empleados para la producción.

Esta información debe validarse de manera colaborativa con el equipo de producción.

Ejemplo: Para Obtener ratios y rendimientos referenciales para planear el ritmo de producción en un proyecto de viviendas en una localidad, se hizo un FRS en una obra de edificaciones de características similares. Los valores que se obtuvieron se muestran en la tabla a continuación:



Estudio de actividades (FRS)

Resumen:
El presente documento tiene como finalidad, difundir el diseño y resultados obtenidos producto de la implementación del First run study "FRS" sobre los procesos involucrados en la obra 1638: Nasa Unique.

Antecedentes:
La naturaleza incierta de la construcción requiere el uso de herramientas que generen información útil y apoyen en la toma de decisiones para cada fase del producto. De hecho, aunque el sistema Last Planner busca mejorar la fiabilidad del flujo de producción, asegurando el inicio de las actividades sólo en condiciones favorables, Howell and Ballard (1999) admiten que la carencia de un mejor conocimiento de métodos de trabajo es una importante fuente de incertidumbre en el proceso de producción. Con el objeto de incrementar la fiabilidad del plan, estos autores sugieren el uso de técnicas de experimentación como los First run studies.

Un First run study (FRS) consiste en un plan detallado elaborado por un equipo multifuncional de aquellos que participarán en el diseño de la actividad. Este plan es puesto en práctica en una primera ejecución y es seguido por un estudio metodológico, rediseño de operación y evaluación hasta un llegar a un estándar ideal. (Ballard, 2000)

FRS en el proyecto 1638 :
En tal sentido, se buscó un proyecto parecido para realizar este laboratorio, es por esto que en coordinación con el Residente del Proyecto 1638, Karol Flores, el Jefe de Producción, Daniel Zegarra y el encargado de Gestión de Desperdicios, Mario Cantella, se han diseñado los procesos involucrados en la obra del ejercicio.

Resultados
Los resultados obtenidos, producto de del FRS se detallan a continuación:

Resultados del estudio

Código	Descripción	Ratio	Rendimiento
A.1	Acero fy =4200 kg/cm2	0.08 hh/kg	300 kg/día
C.1	Concreto Premezclado	0.8 hh/m3	50 m3/día
E.1	Encofrado Metálico	0.4 hh/m2	25 m2/día

Código	Descripción	Ratio	Rendimiento de cuadrilla
A.1.	Acero f'y=4200 kg/cm2	0.08 hh/kg	300
C.1.	Concreto Premezclado	0.8 hh/m3	50
E.1.	Encofrado metálico	0.4 hh/m2	25

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

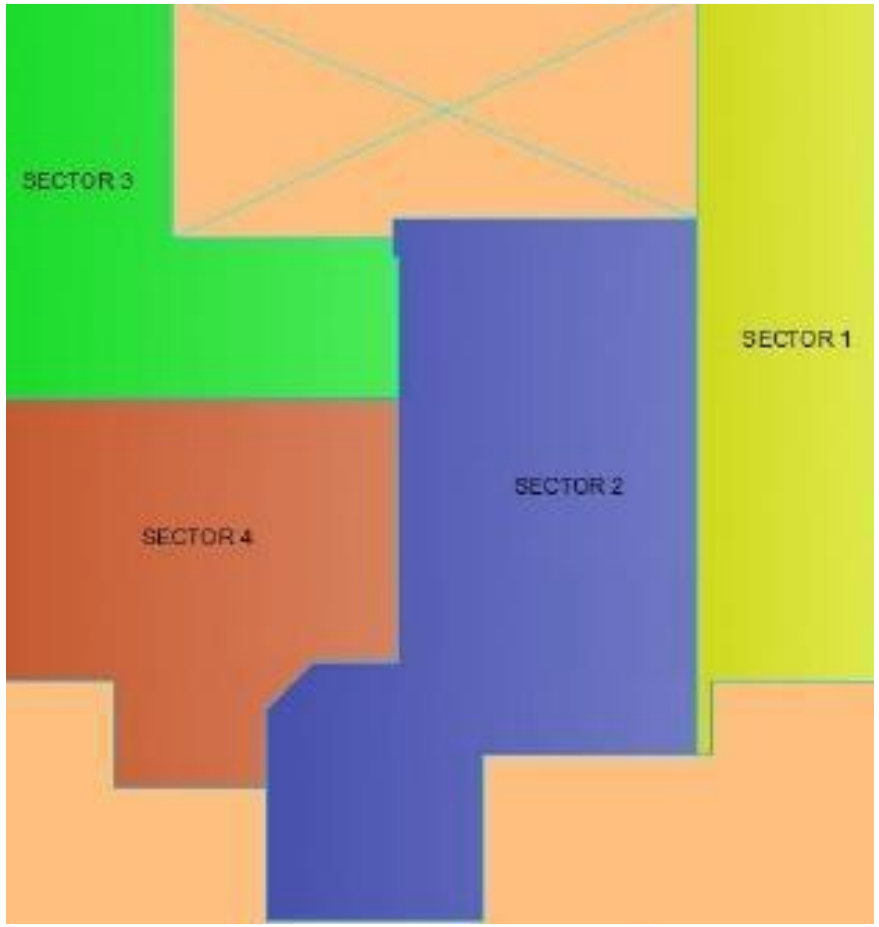
2. Definición del ritmo y sectores

Con los datos Obtenidos: Productividad, metrado y plazo, puedo definir un ritmo de producción basado en los sectores a trabajar.

$$\text{Ritmo de prod.} = \frac{\text{Metrado}}{\text{Plazo}}$$

Si el ritmo de producción es mayor a la productividad que puedo lograr, se deberá usar más de un sector en la siguiente proporción.

$$\text{Cuadrillas} = \frac{\text{Ritmo}}{\text{Rendimiento de la cuadrilla}}$$



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

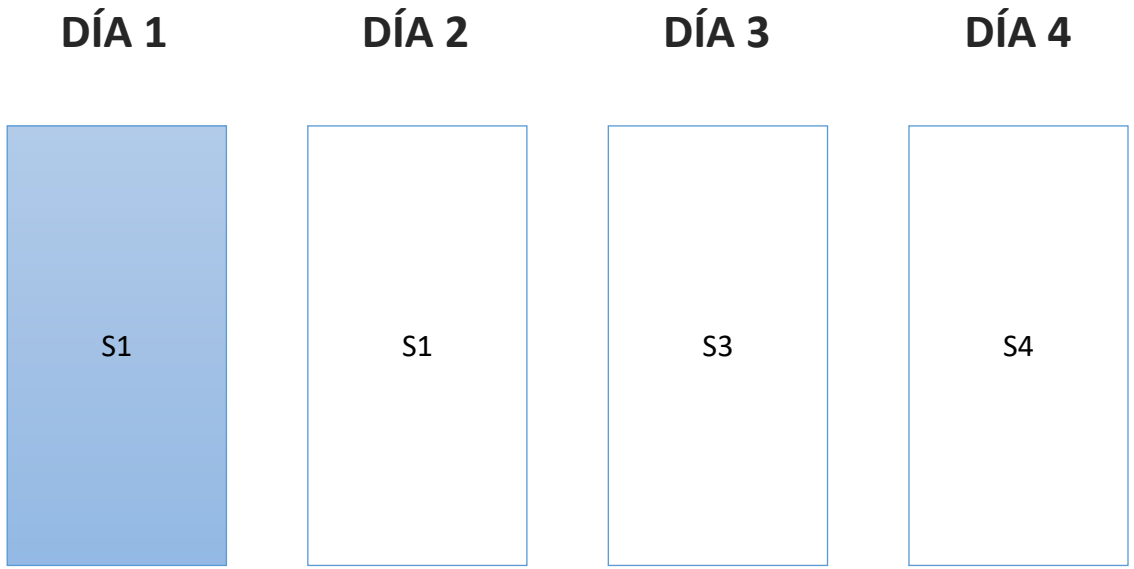
2. Definición del ritmo y sectores

Ejemplo: se tiene que vaciar 500m3 de concreto en 5 días. SI se consideran los datos del FRS, en condiciones ideales:

- **Ritmo = 500/5 = 100m3/día**
- **Cuadrillas = 100/50 = 2**

Es importante considerar que esta información es solo referencial y bajo condiciones ideales. Debe entenderse qué condiciones habían al medir esos ratios y tener en cuenta la variabilidad.

Estos valores se verifican y pueden mejorarse con estudios de tiempos y movimientos.



LCM LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

3. Identificación de la secuencia de actividades

Con los sectores definidos, la secuencia de actividades se construye colaborativamente usando pull plan con la información técnica del trabajo. Es importante identificar y documentar los requisitos de cada tarea, que debe entregar y que se necesita para pasar a la siguiente tarea.

DÍA 1
Colocación de acero

DÍA 2
Encofrado

DÍA 3
Vaciado de concreto

Actividad	Día 1	Día 2	Día 3
Acero	X		
Encofrado		X	
Concreto			X

4. Elaboración de trenes de trabajo

Los trenes de trabajo son una herramienta para planificar, cuyo objetivo es distribuir las actividades de tal manera que todos los días, todas las cuadrillas realicen las mismas actividades pero en sectores diferentes.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acero							...		
Encofrado								...	
Concreto									...

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

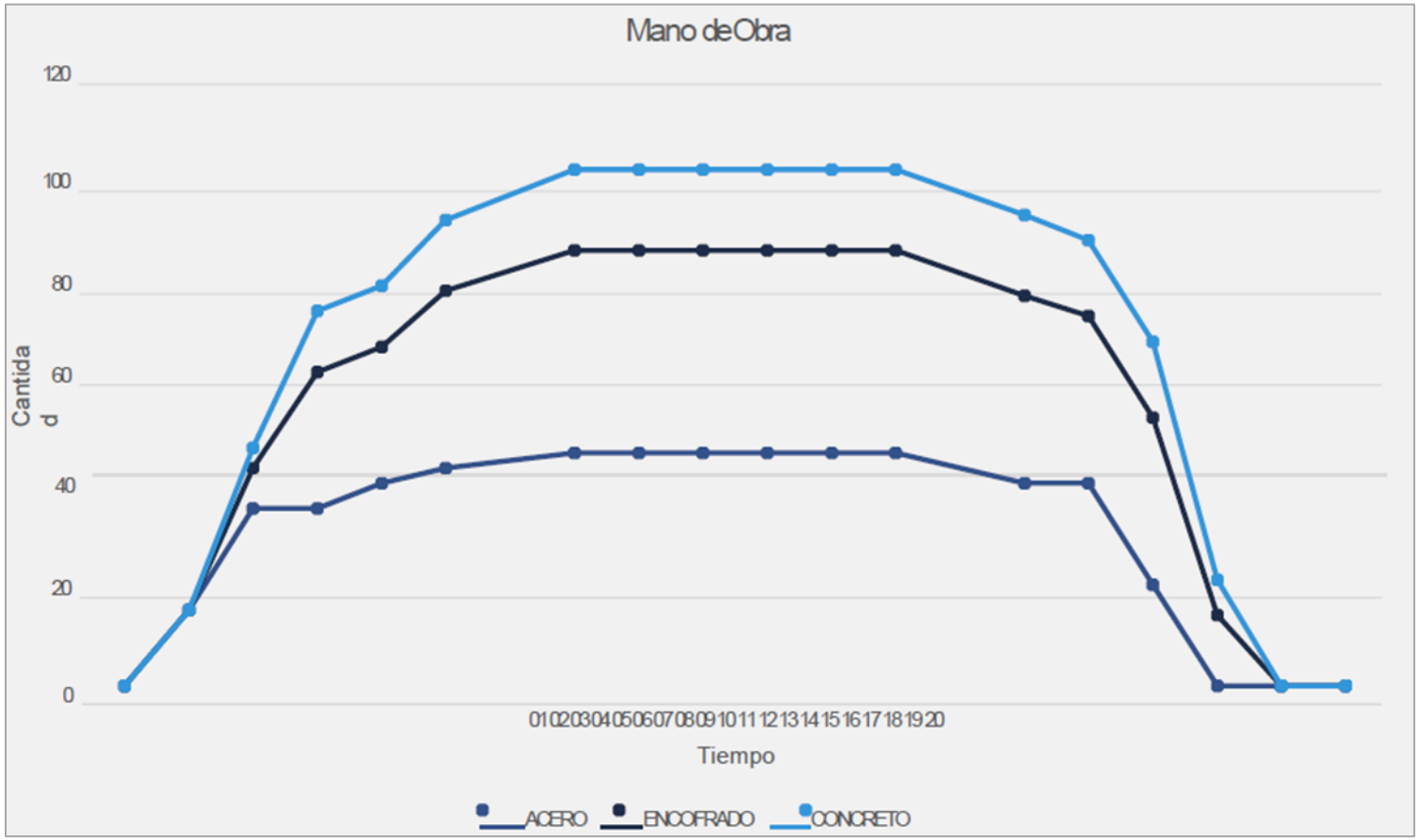
04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

5. Balanceo de recursos

Luego de definidos los trenes de trabajo, se verificará si los recursos se encuentran balanceados.

Como nunca están balanceados, deberá hacerse un proceso iterativo de balanceo de trabajo para lograr que sea lo más eficiente posible.



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

5 pasos para planear el ritmo de la producción

5. Balanceo de recursos

La curva de personal es la cantidad de trabajadores por día a través del tiempo

Para hallar el personal necesario durante un día se utiliza la siguiente relación:

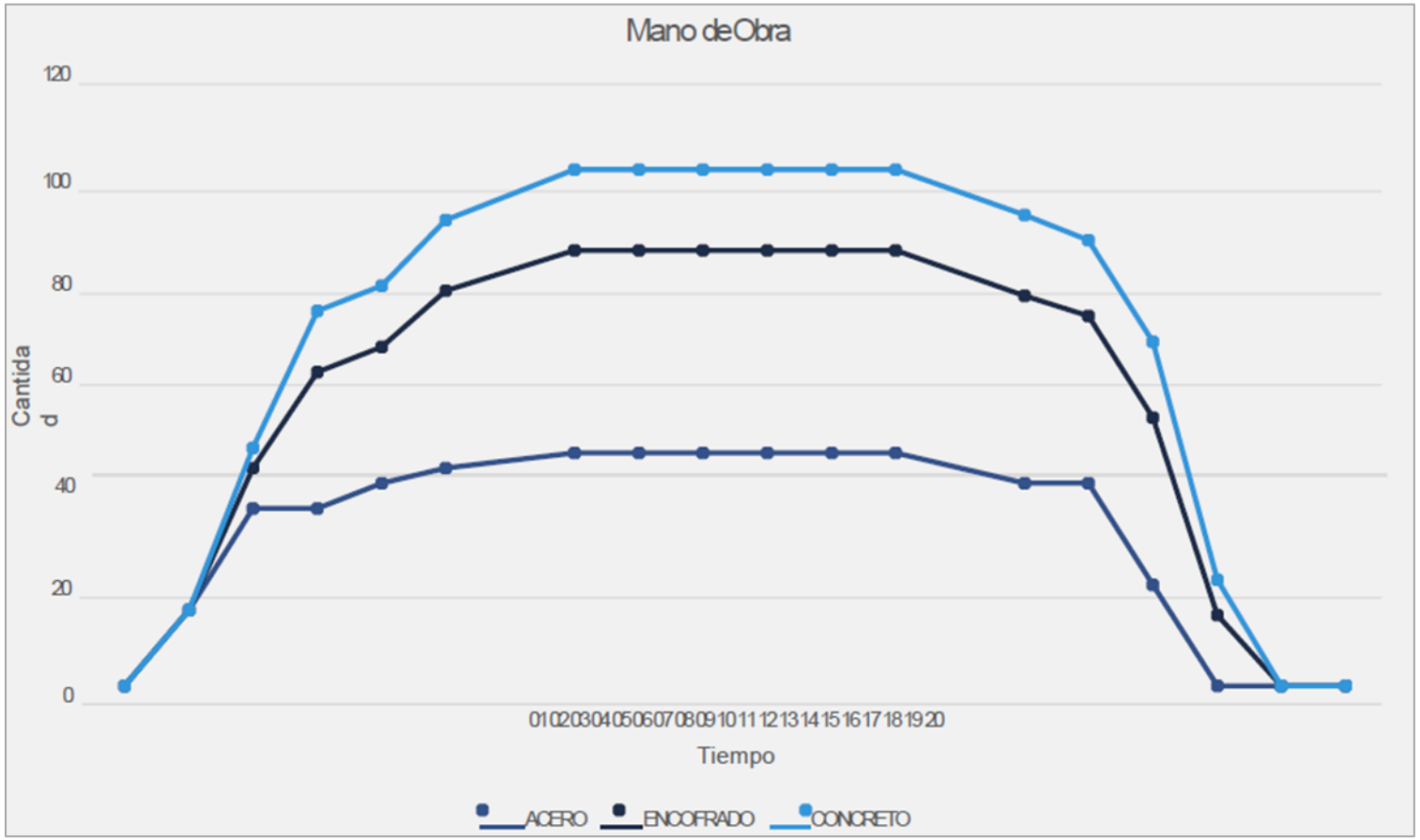
$$\text{Personas} = \frac{\text{Metrado} * \text{ratio}}{\text{Horas al día}}$$

Eficiencia

Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles.

Es la relación existente entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{HH Previstas}}{\text{HH Reales}}$$



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Características:

- **Las actividades o procesos, se consideran como una estación de trabajo.**
- **Se programan actividades secuenciales, una detrás de otra.**
- **Se realiza el balance de cuadrillas para que todas las actividades culminen un sector en el mismo tiempo.**
- **Se buscan que todas as estaciones estés balanceadas en capacidad y demanda.**
- **Todos los procesos son cuello de botella, todas las actividades son Ruta Crítica (no existen holguras).**
- **Todos los días, cada cuadrilla produce prácticamente lo mismo, consecuentemente, todos los días se tiene un avance similar en el proyecto.**
- **La cantidad de recursos necesarios es constante.**
- **La cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma.**
- **La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo analizada.**

LCM LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

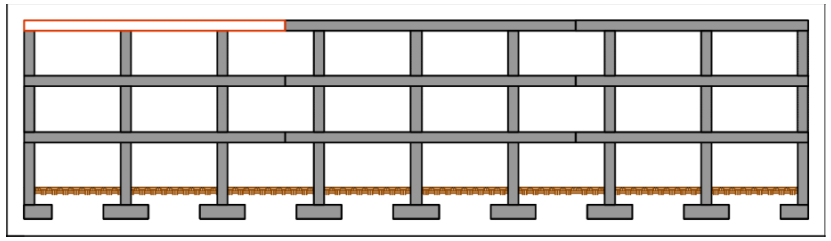
Los trenes de Actividades consisten en hacer que todas las partidas se vuelvan críticas. Genera cuadrillas muy especializadas en una única actividad y exige un compromiso al equipo de obra.

Pasos a seguir para generar un tren:

1. **Sectorizar el área de trabajo → Con áreas pequeñas se logra una curva de aprendizaje.**
2. **Listar actividades necesarias.**
3. **Secuenciar las actividades (incluir colchones de tiempo de ser necesarios).**
4. **Dimensionar recursos: M.O., equipos, materiales, etc.**

Sectorización:

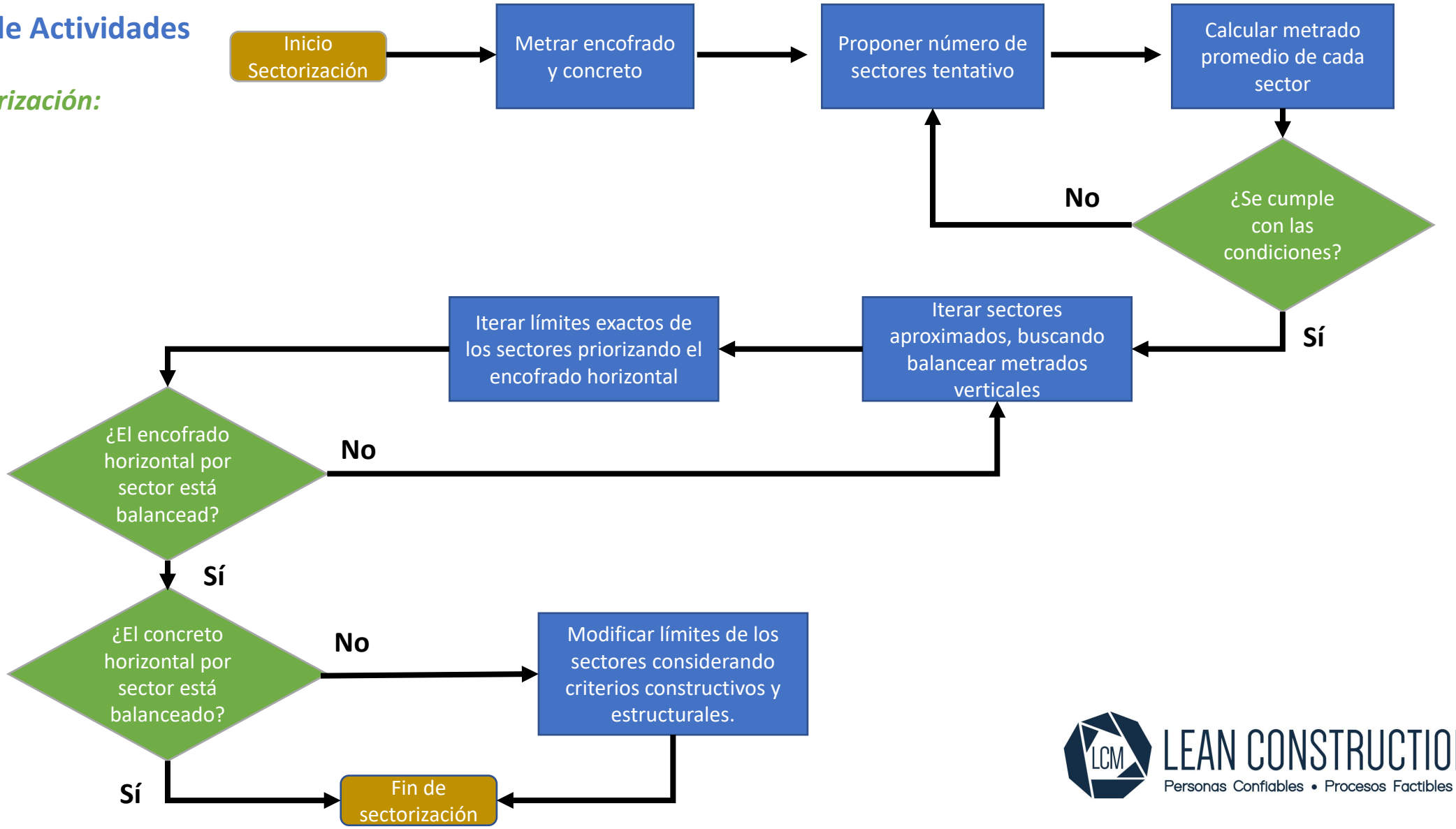
Consiste en dividir una tarea o actividad de la obra en áreas o sectores. En cada uno de estos sectores se deberá comprender una parte pequeña de la tarea total. Cada sector deberá comprender un volumen de trabajo aproximadamente igual. La cantidad de tarea por sector deberá ser realizada en un mismo plazo de tiempo.



04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Sectorización:



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

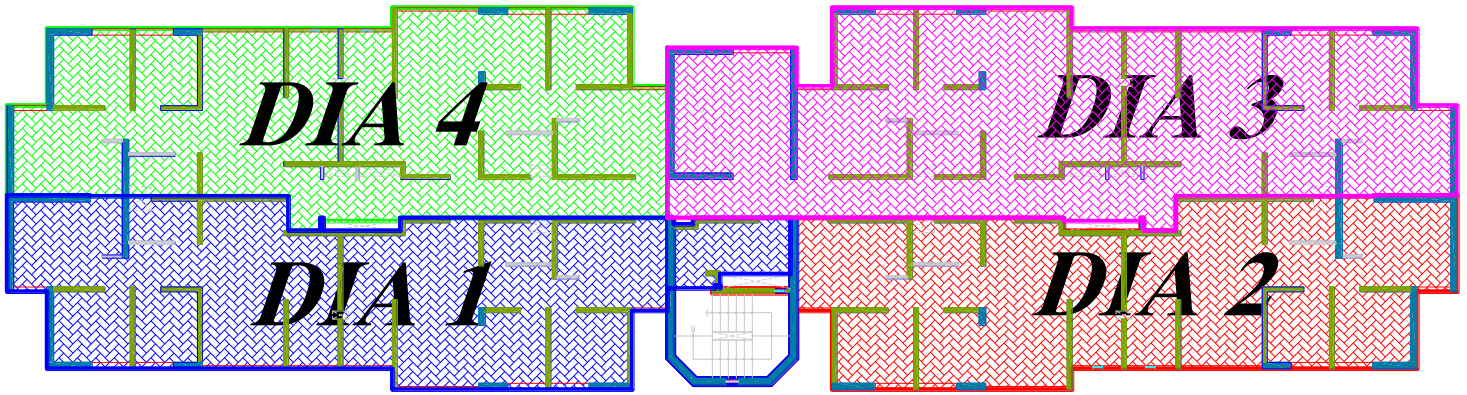
04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Sectorización:

Se representa en el siguiente esquema la secuencia de un tren de actividades en 4 sectores

- **Encofrado y vaciado de verticales**
- **Encofrado de horizontales e instalaciones**
- **Vaciado de horizontales**



04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Primero

Se realiza el metrado de concreto y encofrado.

Se divide los metrados totales por piso entre la cantidad de sectores con los que se desea realizar la obra.

Elementos Verticales

Descripción	Eje (1)	Eje (2)	Perímetro (m)	Área (m2)	Altura (m)	Encofrado (m2)	Concreto (m3)
PB3-06	8	Q - R	6.1	0.7	2.55	15.56	1.79
PB3-06'	9	Q - R	5.6	0.64	2.55	14.28	1.63
Col	7 - 8	R	1.7	0.13	2.55	4.34	0.33
PB3-02'							0.20
Col							0.33
CB3-01							0.66
PB3-05							1.94
PB3-04							1.17
CB3-01							0.66
PB3-05							1.96
PB3-04	9	N	4.14	0.46	2.55	10.56	1.17
PB3-03							1.30
Col							0.33
PB2-09							1.86
CB2-04							0.54
CB2-05							0.64
PB2-08							3.44
PB2-05 (							3.99
PB2-05 (L)	8	L	12.21	1.34	3	36.63	4.02
CB2-03	5	K	3.75	0.32	3	11.25	0.96
PB2-01	2	J	4.65	0.39	2.55	11.86	0.99
PB2-02						23	1.10
PB2-03						30	3.32
PB2-04						42	2.04
						350.12	**36.38**

	TOTAL	**36.38**	**m3**
4	**Sectores con promedio de:**	**9.10**	**m3**

	TOTAL	**350.12**	**m2**
4	**Sectores con promedio de:**	**87.53**	**m2**

Se decide el número de sectores de acuerdo con las restricciones

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

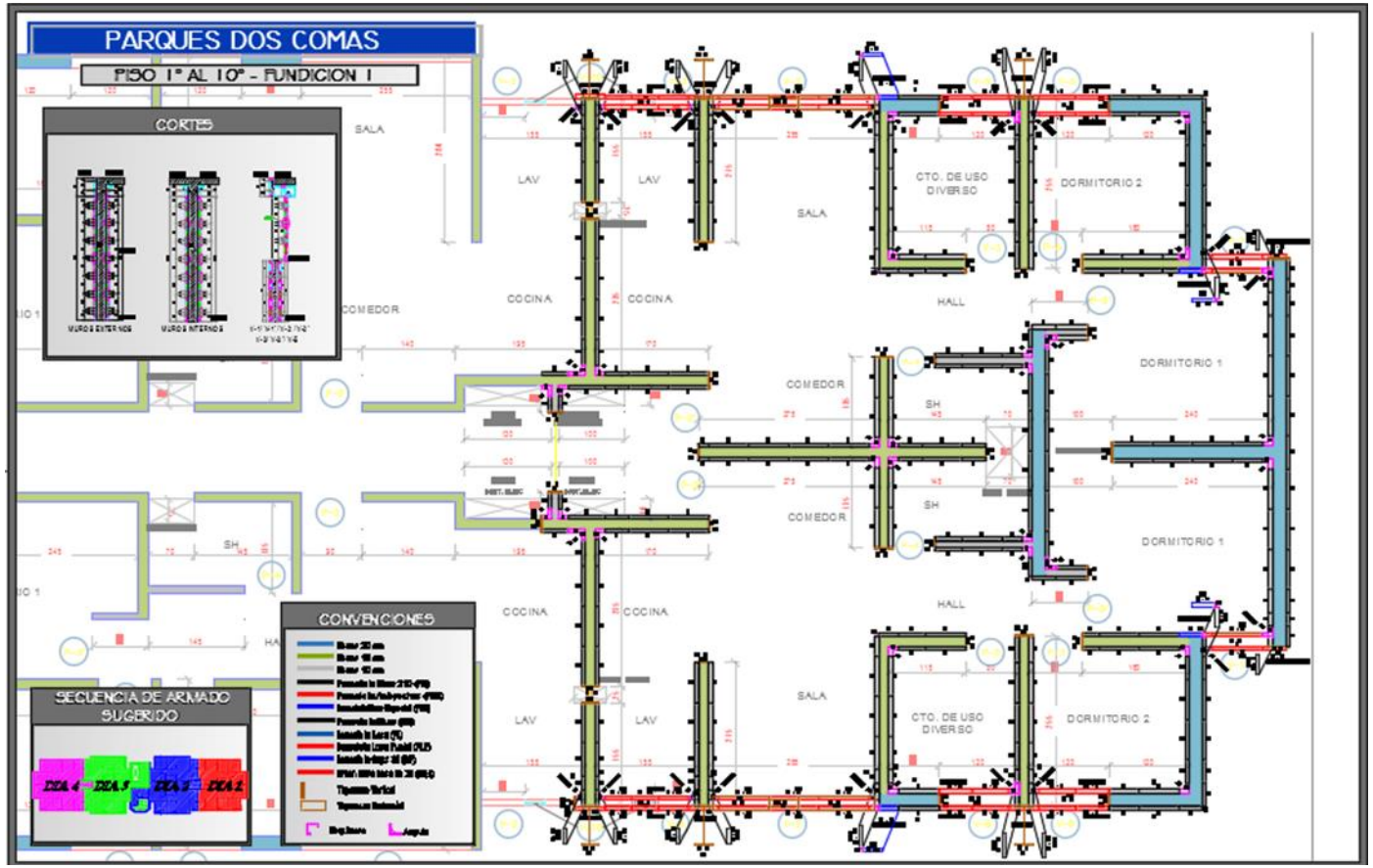
04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Encofrado de verticales

Segundo

Se iteran sectores



LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

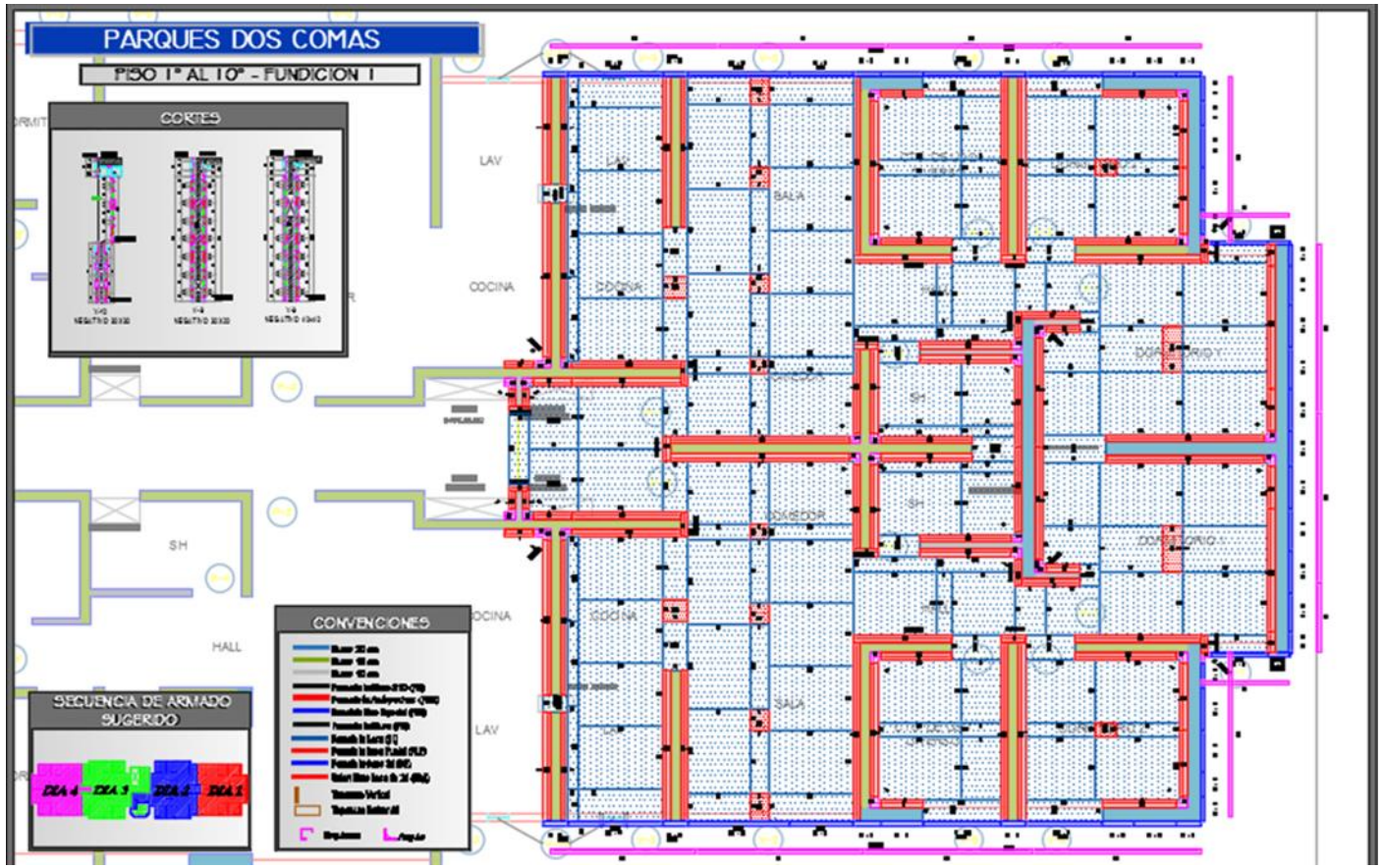
Trenes de Actividades

Tercero

Definidos los metrados verticales de los sectores, se busca balancear el metrado de encofrado de horizontales dentro de cada sector:

- **Encofrado de vigas.**
- **Encofrado de losas.**

Encofrado de vigas.

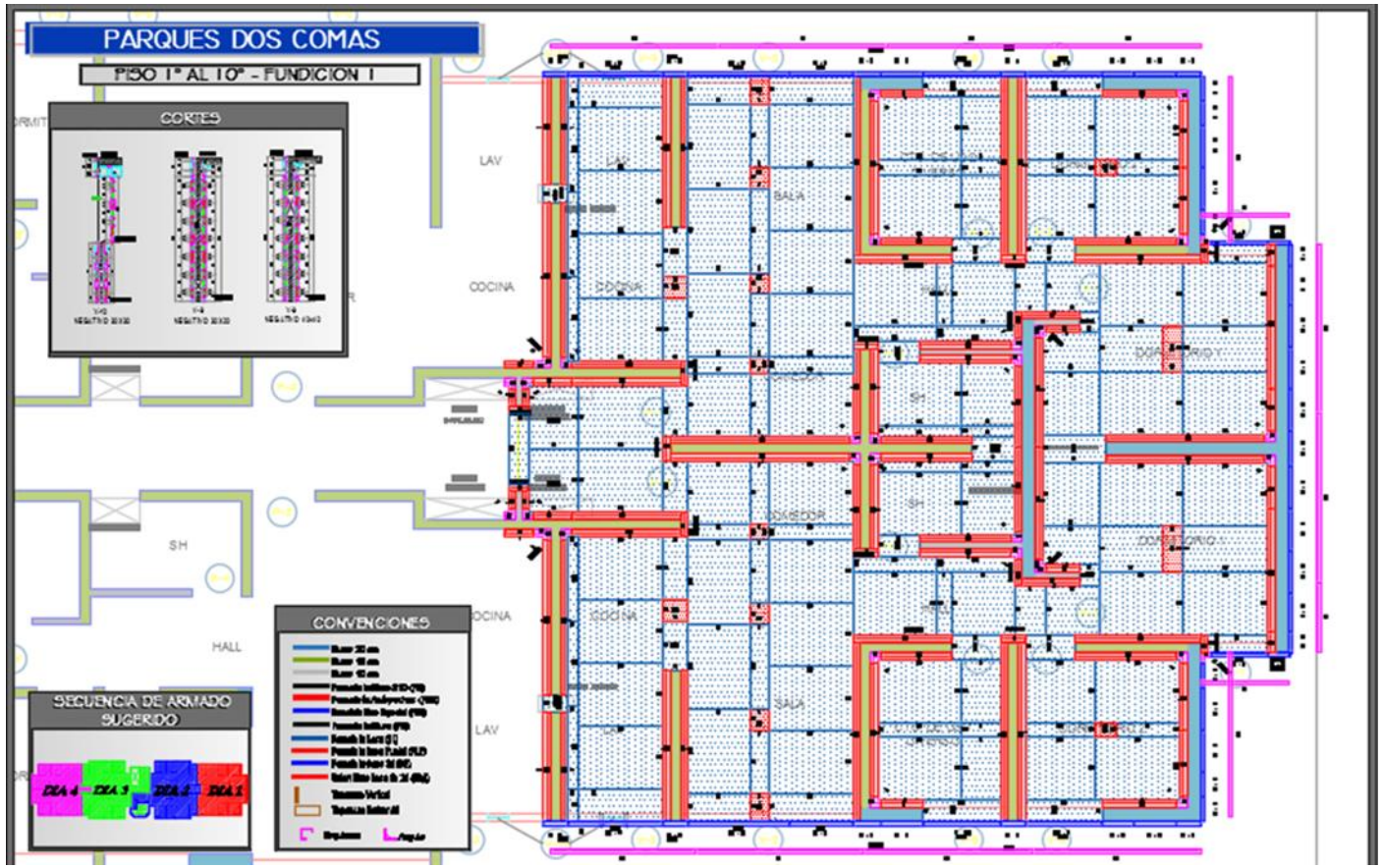


LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Concreto para Losas



Cuarto

Con las áreas de encofrado horizontal definidas en cada sector, se elige el área de vaciado horizontal de forma que se busque la mayor equidad posible entre sectores.

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

Herramientas

Es necesario definir la sectorización de un proyecto para desarrollar las siguientes herramientas:

- **Tren de actividades.**
- **Planificación maestra y lookahead.**
- **Dimensionamiento de cuadrillas y balance.**
- **Cronograma de pedido de materiales.**
- **Programación del control de calidad y levantamiento de protocolos.**

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Trenes de Actividades

ACTIVIDAD	SEM 24						SEM 25						SEM 26						SEM 27					
	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
	8-Jun	9-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul
TECHO PROPIO																								
EDIFICIO 1																								
ESTRUCTURAS																								
Trazo para ubicación de muros	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4	P15-S1	P15-S2
Habilitado de acero	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4	P15-S1	P15-S2
Colocación de acero de muros	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4	P15-S1
Colocación de IISS en muros	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4
Colocación de IIEE en muros	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4
Colocación de instalación de gas en muros	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3	P14-S4
Encofrado de muros (incluye alfeizar y pasarelas perimetrales)	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Encofrado de escalera	P8-S3				P9-S3				P10-S3				P11-S3				P12-S3				P13-S3			
Encofrado de losa (incluye friso)	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Colocación de malla electrosoldada en losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Colocación de acero en escalera	P8-S3				P9-S3				P10-S3				P11-S3				P12-S3				P13-S3			
Colocación acero de refuerzo en losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Colocación de IISS en losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Colocación de IIEE en losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Colocación de instalación de gas en losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Vaciado de muros	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Vaciado de escalera	P8-S3				P9-S3				P10-S3				P11-S3				P12-S3				P13-S3			
Vaciado de losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Acabado de losa	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2	P14-S3
Desencofrado de muros	P8-S3	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2
Desencofrado de escalera	P8-S3					P9-S4				P10-S3				P11-S3				P12-S3				P13-S3		
Desencofrado de losa	P8-S3	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2
Curado de losa	P8-S3	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2
Curado de muro	P8-S3	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2
Tratamiento de muros y losas	P8-S3	P8-S4	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	P11-S1	P11-S2	P11-S3	P11-S4	P12-S1	P12-S2	P12-S3	P12-S4	P13-S1	P13-S2	P13-S3	P13-S4	P14-S1	P14-S2
REVESTIMIENTOS EN DEPARTAMENTOS																								

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

Ventajas

- **Aumenta la eficiencia del flujo en el sistema.**
- **Determina qué avance de obra se tendrá en un día determinado.**
- **Facilitar el control del proyecto.**
- **Avanzar la obra con un mínimo de trabajos rehechos.**
- **Mejorar la productividad.**
- **Mejorar la curva de aprendizaje.**

Desventajas

- **Como todas las actividades son críticas, el incumplimiento de una genera improductividad de todo el sistema y un posible incumplimiento del plazo.**

- **La especialización vulnera el sistema.**

La información, imágenes y ejemplos compartidos en el presente curso guarda estrecha relación con lo impartido en Perú a través del LCI Perú.

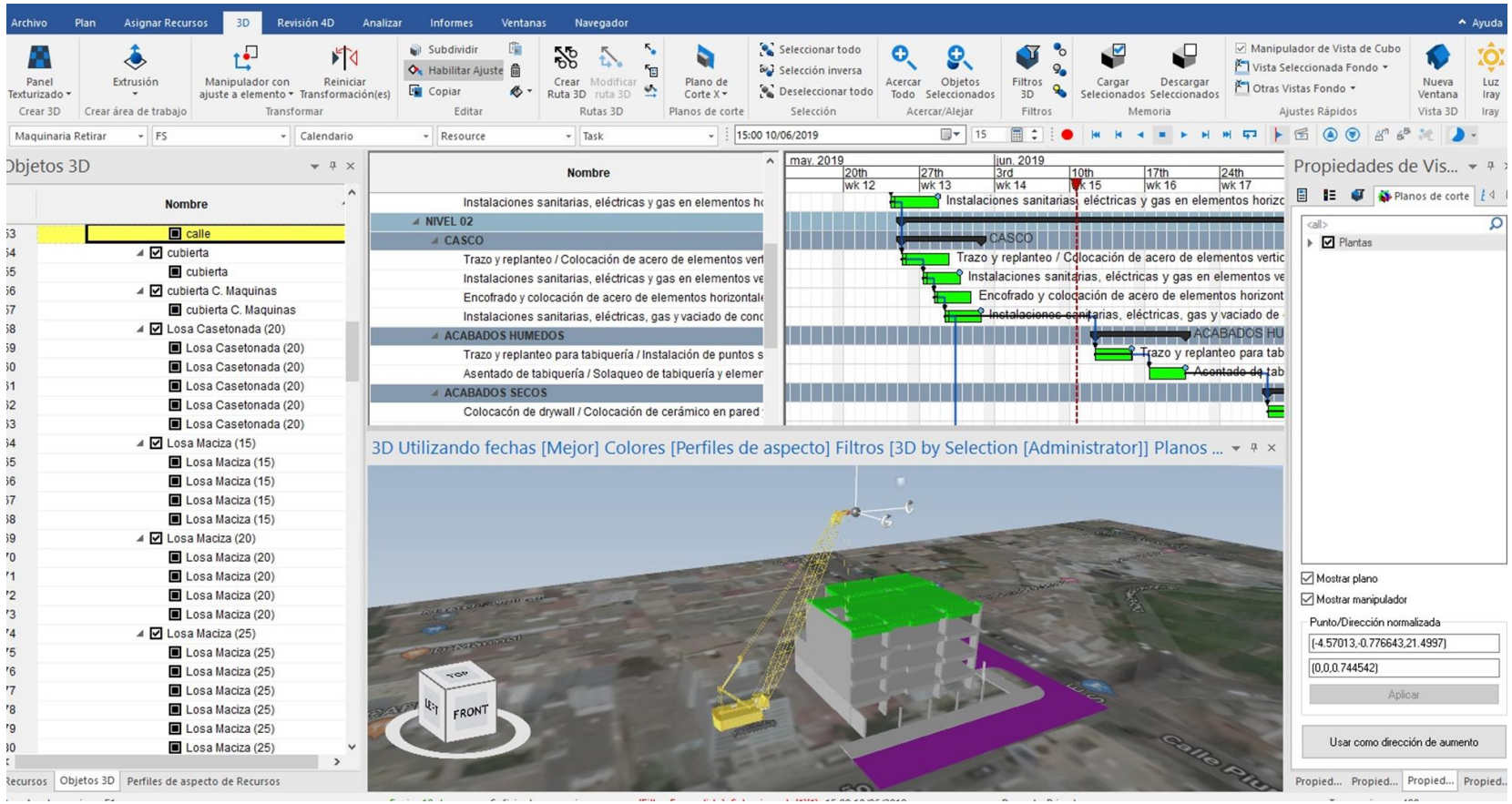
Seamos parte del cambio. ¡Somos Lean!

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

¿Cómo podríamos mejorar nuestro sistema de producción?

- ✓ **Industrialización de la construcción.**
- ✓ **Empleo de la tecnología**
  → **Construcción 4.0**
- ✓ **Metodología BIM**
  → **Lean + BIM**



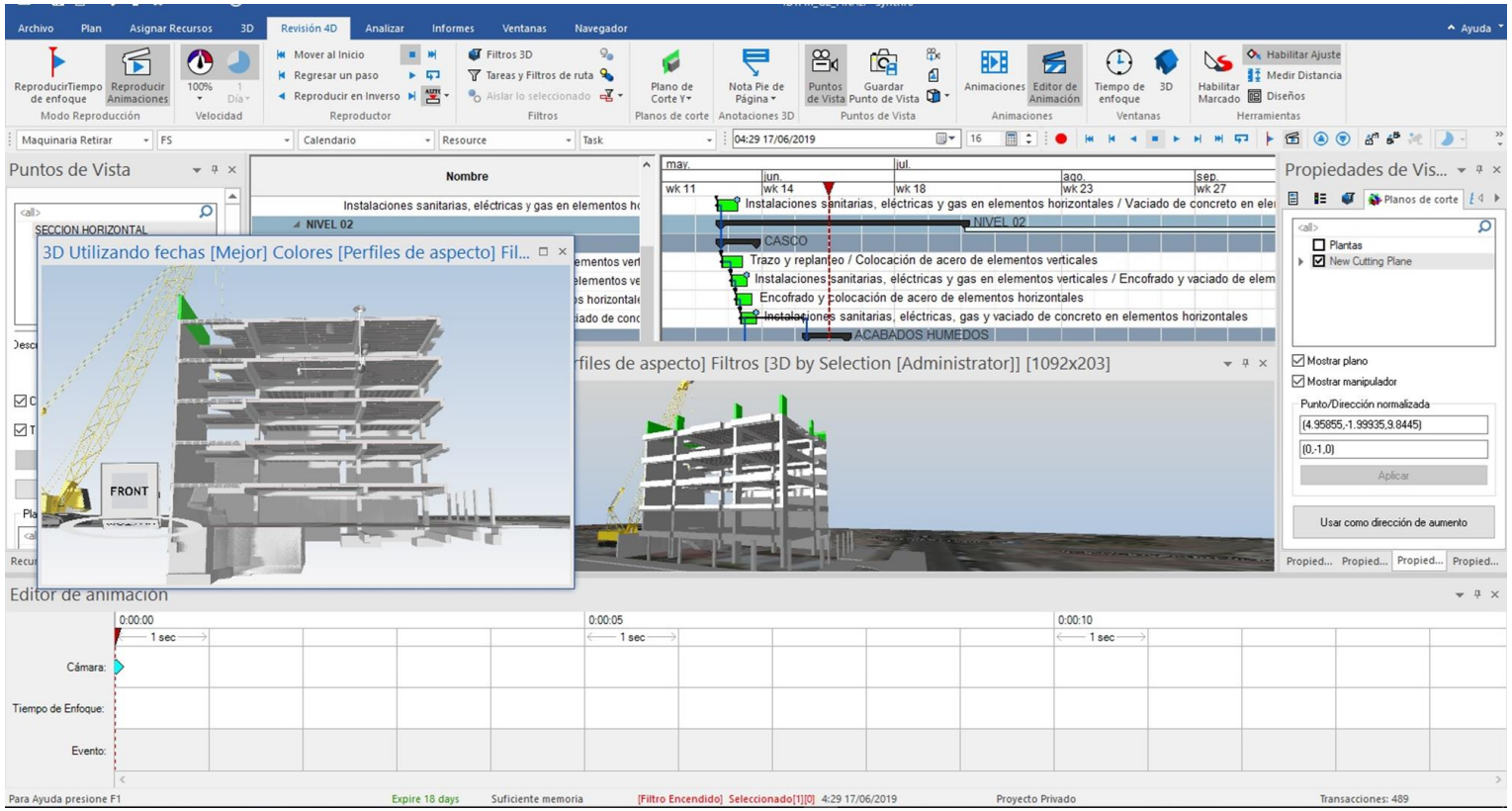
Fuente: Propia

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

¿Cómo podríamos mejorar nuestro sistema de producción?

- ✓ **Industrialización de la construcción.**
- ✓ **Empleo de la tecnología**
  → **Construcción 4.0**
- ✓ **Metodología BIM**
  → **Lean + BIM**



Fuente: Propia

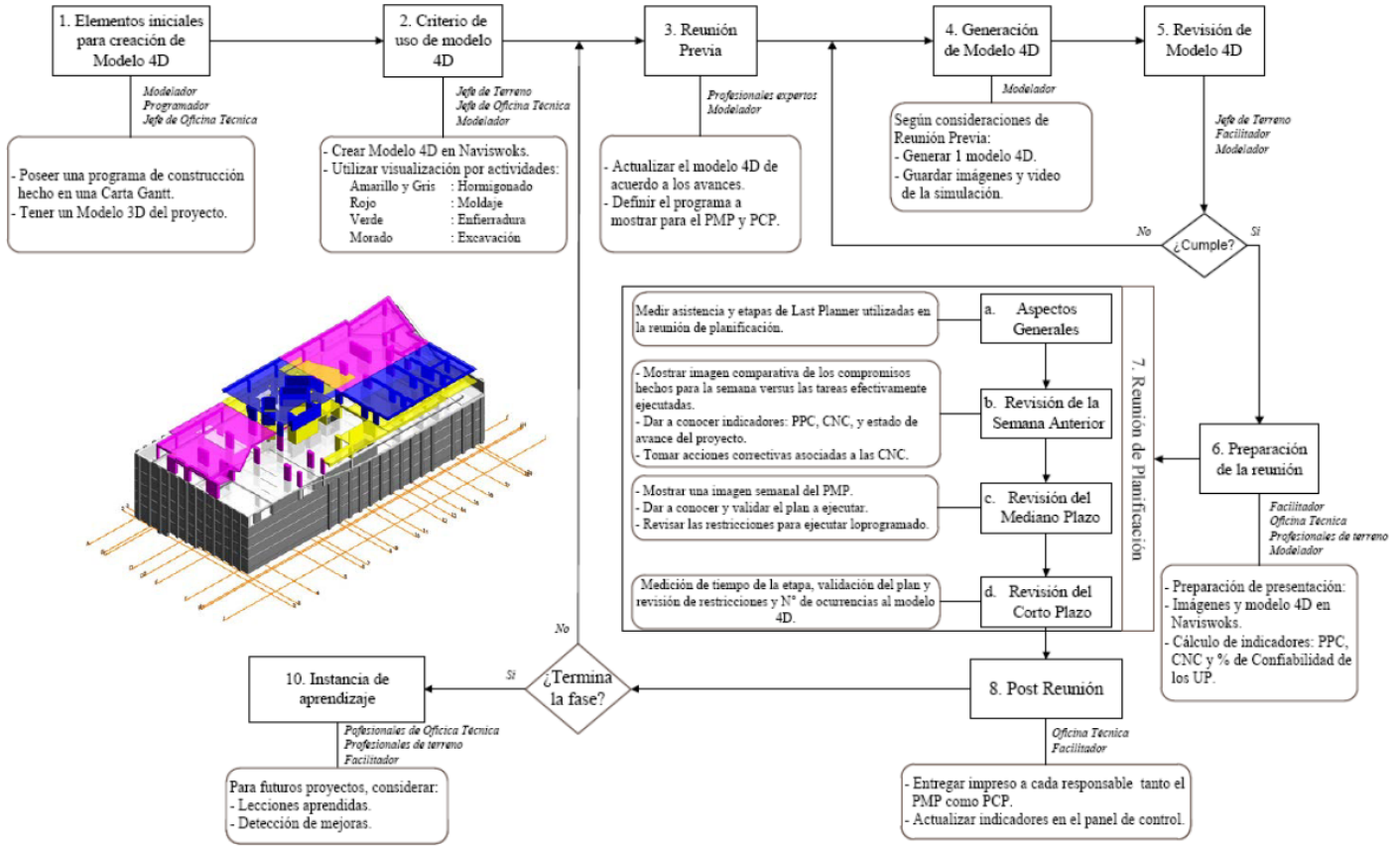
LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

04. PLANIFICACIÓN RÍTMICA

¿Cómo podríamos mejorar nuestro siste

González & Toledo (2012)

- ✓ **Industrialización de la construcción.**
- ✓ **Empleo de la tecnología**
  → **Construcción 4.0**
- ✓ **Metodología BIM**
  → **Lean + BIM**



PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER-4D

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®
Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables

LEAN CONSTRUCTION MÉXICO®

Personas Confiables • Procesos Factibles • Proyectos Viables