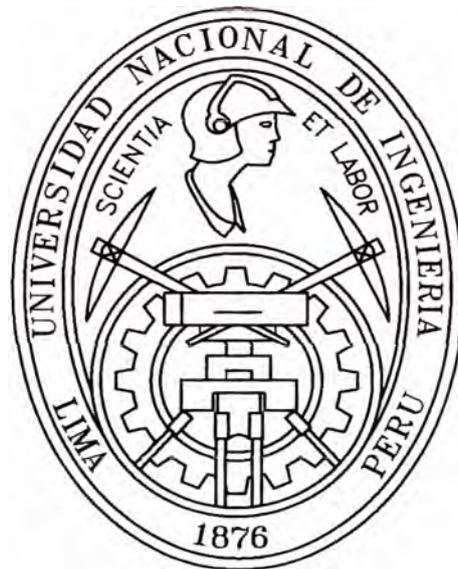


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS UNIDADES DE ATENCIÓN
DEL HOSPITAL SAN JOSÉ DE CHINCHA
ENFOCADO AL ESTUDIO DE LEAN CONSTRUCTION**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

IVAN WILMMER ROJAS ORELLANA

Lima- Perú

2008

DEDICATORIA

**A Dios, por su amor incomparable en su Hijo Jesús
Al Señor Jesús, por permitir conocer la compañera de mi vida**

**A mi esposa, por su esfuerzo y la dicha de darme dos bellas hijas
A mis hijas, por darme la alegría en momentos difíciles**

A mis padres, por su sacrificio incondicional

Les agradezco por este fruto

INDICE

	Pág.
RESUMEN	4
Lista de figuras.....	5
Lista de planos.....	6
Lista de fotos.....	7
Lista de cuadros.....	8
INTRODUCCION	9
CAPITULO I: MARCO TEORICO	11
1.1.0 Proyecto	11
1.1.1 Definición de proyecto.....	11
1.1.2 Gestión de Proyectos.....	12
1.1.3 Ciclo de vida de proyectos.....	13
1.1.4 Funciones básicas de la gestión de proyectos.....	14
1.1.5 Planificación.....	15
1.1.6 Programación.....	18
1.1.7 Proyectos famosos.....	19
1.2.0 Lean Construction (Construcción sin Pérdidas)	22
1.2.1 Gerencia de Proyecto y producción.....	23
1.2.2 Principios de Lean Construction.....	24
1.2.3 Teoría del Último Planificador.....	27
1.2.4 Lookahead.....	29
1.2.5 Análisis de las restricciones.....	31
1.2.6 La técnica Jalar (Pull).....	34
1.2.7 Carga y capacidad.....	35
1.2.8 El sistema del Último Planificador.....	36
1.3.0 El último planificador (Last Planner)	38
1.3.1 Jerarquía de Planificación.....	38
1.3.2 Planificación Maestra.....	39
1.3.3 Planificación Fase.....	40
1.3.4 Planificación intermedia.....	44
1.3.5 Planificación semanal.....	46

1.3.6 Aprendizaje.....	48
1.3.7 Reunión de planificación.....	49
1.3.8 Manejo de los subcontratos.....	52
1.4.0 Desperdicios.....	55
1.4.1 Identificación de desperdicios y su influencia en la productividad.....	55
1.4.2 Caracterización de desperdicios.....	60
1.4.3 Principios de reducción de costo.....	67
1.5.0 Productividad.....	68
1.5.1 Factores que afectan la productividad.....	70
1.6.0 Variabilidad.....	71
1.7.0 Confiabilidad.....	72
CAPITULO II: ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.....	74
2.1.0 Análisis de procesos productivos.....	74
2.2.0 Planeamiento y control de la producción.....	80
2.3.0 Herramientas que utiliza el Lean Construction.....	82
2.4.0 Benchmarking.....	85
2.5.0 Constructabilidad.....	87
CAPITULO III: APLICACIÓN.....	89
3.1.0 Aplicación del sistema de programación Lean.....	89
3.1.1 Plan Logístico del Sitio (Site Project Logistic Plan).....	90
3.1.2 Diagrama de Procesos y Recorrido.....	99
3.1.3 Importancia del CAD 4D.....	114
3.1.4 Implementación del Last Planner (el último planificador).....	116
3.2.0 Informes y resultados.....	131
CONCLUSION	134
RECOMENDACION.....	134
BIBLIOGRAFIA.....	136
ANEXOS.....	137

RESUMEN

El contenido de la presente tesis ha sido elaborado en tres capítulos:

El primer capítulo contiene definiciones previas, teorías y herramientas conceptuales que ayudará al lector a involucrarse en el tema, y consta de:

Capítulo 1.1.- Se dirige a la base del objetivo de esta filosofía: proyecto y planificación.

Capítulo 1.2.- Explica la evolución, desarrollo y definiciones sobre la filosofía "Lean" entorno a la construcción.

Capítulo 1.3.- Muestra al personaje principal, su sistema y métodos que realiza esta filosofía.

Capítulo 1.4.- Identifica, clasifica y explica la importancia del desperdicio en la construcción, siendo esta objetivo principal del Lean

Capítulo 1.5, 1.6 y 1.7.- Define conceptos básicos en la elaboración de un producto que alistarán al lector para el siguiente capítulo.

El segundo capítulo explica herramientas y estrategias para aumentar la productividad, conduciendo al lector con temas que ayudarán a concluir el objetivo de esta tesis, alistándolo así para el siguiente capítulo. Consta de:

Capítulo 2.1.- Define procedimientos y puntos importantes para el análisis de procesos en la construcción.

Capítulo 2.2.- Basándose en definiciones del capítulo I aclara al lector el control que ejecuta el último planificador.

Capítulo 2.3, 2.4 y 2.5.- Define herramientas que el Lean Construction utiliza para mejorar la productividad.

Y el tercer capítulo que da aplicación a la construcción de Nuevas Unidades en el Hospital de Chincha, reduciendo desperdicios en los procesos, y controlando el flujo mediante tablas explicadas detalladamente.

LISTA DE FIGURAS

Nº	NOMBRE DE FIGURA	PAG.
1	Esquema del Ciclo de Vida del Proyecto	13
2	Diagramas de Funciones Básicas del Proyecto	14
3	Diagrama clásico de Planificación	16
4	Diagrama de Modelo de Planificación de Corta Duración	17
5	Esquema de Last Planner (Ultimo Planificador)	27
6	Diagrama de Control de Producción	28
7	Esquema del Horizonte del Lookahead	30
8	Diagrama del Sistema del Ultimo Planificador	37
9	Diagrama del Sistema Tradicional de Planeamiento	37
10	Diagrama de Ventana Lookahead	44
11	Influencia del diseño en la productividad y grado de eficiencia de los proyectos	58
12	Problemas que ocurren debido a un mal diseño del proyecto	59
13	Relación entre la eficiencia, efectividad y producción	68
14	Esquema de entradas y productos	71
15	Esquema de Ejemplo de confiabilidad	73
16	Diagrama de procesos en una viga de cimentación	78
17	Diagrama del sistema de control de producción del ultimo planif...	80
18	Ejemplo de benchmarking interno	86
19	Diagrama de proceso de tiempo de transporte de material de excavación	112
20	Modelación 3-d de construcción existente	115
21	Programación general de la obra elaborada mediante Ms. Project	118
22	Hoja jalada del Project denominado: "Programa Maestro".	119
23	hoja denominada "Planificación Intermedia"	121
24	Simulación de restricción en concreto de zapatas y vigas cimentac.	123
25	Hoja de Inventario de Trabajo ejecutable (ITE)	125
26	Hoja de Planificación Semanal	127
27	Hoja de Porcentajes de Actividades Completadas	130
28	Resultado promedio PAC en la construcción Colombiana	133

LISTA DE PLANOS

Nº	NOMBRE DE PLANOS	PAG.
1	Esquema General de Distribución	94
2	Ubicación de Puntos de Servicio	96
3	Ubicación de Materiales y maquinaria	97
4	Zonificación de áreas promedio de vaciado	101
5	Recorrido del Vaciado de Mezcla (Alternativa 1)	102
6	Recorrido del Vaciado de Mezcla (Alternativa 2)	103
7	Disposición del material excavado	113

LISTA DE FOTOS

Nº	NOMBRE DE FOTOS	PAG.
1	Mantenimiento del avión F-22 raptor	19
2	El proyecto "Avión F-22 Raptor" en prueba	19
3	Construcción de Cúpula de Opera House	20
4	Ubicación de Torres grúa en construcción	20
5	Inauguración de la Opera House	20
6	Momentos precisos del pandeo del puente Tacoma	21
7	Momentos precisos del desplome del puente Tacoma	21
8	Modelo del puente sobre el estrecho de Tacoma en el túnel de viento de la Universidad de Washington...	21
9	Planificación fase	41
10	Reunión de planificación semanal	51
11	Pizarra que muestra el desempeño de los subcontratos en obra	53
12	Panel informativo del desempeño global de la obra en terreno.	54
13	Fotos perteneciente a la obra (ver plano1)	95
14	Imagen de modelación anterior	115

LISTA DE CUADROS

Nº	NOMBRE DE CUADROS	PAG.
1	Terminología del sistema de Producción Toyota	26
2	Análisis de la Restricciones	31
3	Registro de Planificación Semanal	47
4	Performance de los Subcontratistas	52
5	Desperdicios Estimados en Edificaciones	56
6	Efecto de diseño	57
7	Plan Logístico del sitio	93
8	Cantidad requerida por zona para cimiento, zapatas,...	99
9	Cantidad requerida sobrecimiento,....	100
10	Recorrido de vaciado para cimiento (alternativa 1)	104
11	Recorrido de vaciado para zapata (alternativa 1)	104
12	Recorrido del vaciado para Viga Cim. (alternativa 1).	105
13	Recorrido del vaciado para Sobrecimiento (alternativa 1).	105
14	Recorrido del vaciado para Columnas (alternativa 1).	105
15	Recorrido del vaciado para Vigas (alternativa 1).	106
16	Recorrido total (alternativa 1)	106
17	Recorrido del vaciado de cimiento (alternativa 2)	107
18	Recorrido del vaciado para Zapata (alternativa 2).	107
19	Recorrido del vaciado de viga de cimentación (alternativa 2)	108
20	Recorrido del vaciado para Sobrecimiento (alternativa 2).	108
21	Recorrido del vaciado para Columnas (alternativa 2).	108
22	Recorrido del vaciado para vigas (alternativa 2)	109
23	Recorrido para losa aligerada (alternativa 2)	109
24	Recorrido total (alternativa 2).	110
25	Resumen de recorridos (ambas alternativa).	110
26	Recorrido de material de excavación por zona	111
27	Informe de resultado entre las dos alternativas propuestas.	131

INTRODUCCION

La construcción de nuestras viviendas y edificios, nuestros barrios y nuestras ciudades tiene un impacto muy grande sobre el planeta. A nivel mundial, alrededor del 50% de los recursos materiales es usado por la construcción, la cual también produce el 50% de todos los desechos generados.

La industria constructora en el país y en el mundo ha venido enfrentándose a graves demoras y a altos porcentajes de desperdicios, los cuales pueden ser disminuidos con un aseguramiento de la calidad óptimo o la implementación de estrategias empresariales innovadoras. Adicionalmente, no ha tenido una planeación conforme a las necesidades de una industria que se apoya principalmente en la mano de obra no calificada y las diferentes etapas de cada proyecto son realizadas sin tener una correcta interacción entre ellas.

Por todo esto, sin duda alguna, la Construcción está cambiando de una forma impresionante. Manifestándose con cambios significativos en el modo de gestión, que incorporan calidad, seguridad, especialización, productividad, tecnologías, más información y otras disciplinas de gestión.

Una visión similar acerca de la planificación convencional es la que tienen algunos autores como Comick 1991; Austin 1994; Koskela 1997; Ballard and Koskela 1998; Formoso 1998. Estos autores tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que realizamos, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Muchos son los intentos hechos para mejorar los problemas antes mencionados entre ellos están: La administración de proyectos, modelos de procesos, nuevas formas organizacionales, apoyo de información tecnológica, nuevos índices de desempeño, etc. (Ballard y Koskela 1998). Aunque los enfoques anteriores contienen interesantes y aparentemente efectivas técnicas, están sumamente fragmentadas y carecen de una sólida base conceptual. Esta base teórica, faltante en las técnicas anteriores, debe ser entendida como una relación entre tres diferentes modelos: conversión, flujo y valor, entendiéndose por valor el nivel de satisfacción del cliente.

Una serie de investigadores, nacionales e internacionales, han realizado un esfuerzo por conceptualizar los problemas de la industria de la construcción, estructurando un marco teórico que nos permita entender mejor qué tipo de producción es la construcción. Esta referencia teórica desarrollada recibe el nombre de “Lean Construction” o “Construcción sin Pérdidas”, cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

Lean Construction nace como una necesidad de adoptar una serie de estándares emanados de la empresa manufacturera. La industria de la construcción observó por muchos años, de manera expectante, cómo el mundo oriental le entrega una gran cantidad de ideas, filosofías y prácticas al mundo occidental. La nueva filosofía de producción ha demostrado que las nuevas técnicas, difundidas ampliamente en la industria automotriz, podían ser implementadas de forma exitosa en la industria de la construcción. Experiencias internacionales han demostrado que la implementación de la filosofía Lean Construction puede mejorar la coordinación de todos los agentes participantes en el proyecto y por ende aumentar la fiabilidad de éste.

La construcción en nuestro país, hoy en día resulta ser uno de los motores de la economía peruana y pieza clave para el crecimiento ocupacional, viniendo actuando como termómetro de la evolución de la economía, que ha tenido últimamente un crecimiento del 7%; indicativo que nos muestra muchas expectativas y más retos que afrontar.

En consecuencia es imprescindible la investigación en este campo con el objetivo de mejorar este enfoque de gestión de la producción, para un proceso de construcción más racionalizado, desarrollando acciones sistemáticas de investigación y mejoramiento continuo.

CAPITULO I:

MARCO TEORICO

1.1.0 PROYECTO

“Un proyecto puede ser ejecutado el 90% en un año y el otro 10% restante en otro año más”.

“Generalmente los administradores, planifican su proyecto de forma meticulosa, multiplican el presupuesto por cuatro y se ponen a rezar.” (Eliyahu Goldratt)

1.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO

Según el Manual de Gerencia de Proyecto, “PMBOK”, el proyecto es un esfuerzo temporal para crear un producto o servicio único.

Según: (David I. Cleland y William R. King), “Proyecto es la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado”.

Un proyecto es una secuencia única de actividades complejas e interconectadas que tienen un objetivo o propósito que debe ser alcanzado en un plazo establecido, dentro de un presupuesto y de acuerdo con unas especificaciones

Un proyecto tiene inicio y un fin, cada proyecto produce un producto único.

Parámetros:

- Costo
- Tiempo
- Alcance (Ámbito y calidad)

1.1.2 GESTIÓN DE PROYECTO

¿Para qué Gestionar los Proyectos?

Aseguran satisfacer los requisitos del cliente.

Evitar “reinventar la rueda” al estandarizar partes del proceso.(mejora de procesos, teoría de restricciones)

Enfocar la atención a unas pocas tareas importantes (Pareto)

Eliminar duplicidad bajo esfuerzos.

Mantener el proyecto bajo control.(Curva S)

Aprovechar al máximo los recursos escasos disponibles (mejora la productividad)

Aspectos a Considerar en el Desarrollo de Proyectos

- Involucrados: individuos y organizaciones que participan activamente en el proyecto o cuyos intereses son afectados como resultado de la ejecución o el término del proyecto (patrocinador, accionistas, clientes, organización ejecutora, sociedad, estado, ONG´s, etc.).
- Aspectos socio-económicos y culturales: estándares y regulaciones, influencias internacionales, política, economía, educación, distribución demográfica - étnica, religión, etc.)
- Variables relevantes: alcance, costo, plazo, calidad, riesgo

1.1.3 CICLO DE VIDA DE PROYECTOS

Está constituido por sus etapas o fases. Generalmente define:

- El inicio y término del proyecto
- Qué trabajo está incluido en cada fase o etapa
- Quién debe involucrarse en cada fase o etapa

Características Generales de los Ciclos de Vida de los Proyectos

- Costos y recursos bajos al inicio, mayores hacia el final y descienden rápidamente al llegar al término.
- Las incertidumbres son altas al inicio (probabilidad), y tienden a descender a medida que avanza el proyecto.
- La facilidad de hacer cambios es alta al inicio y desciende progresivamente a medida que el proyecto continúa



Fig. 1.- Esquema del Ciclo de Vida del Proyecto

1.1.4 FUNCIONES BÁSICAS DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Administrar es aplicar un proceso o forma de trabajo que consiste en guiar o dirigir a un grupo de personas hacia las metas u objetivos de la organización. (Terry & Rue (1982))

Por tanto para cumplir con los objetivos planteados por la organización se debe tener en cuenta cinco funciones básicas:

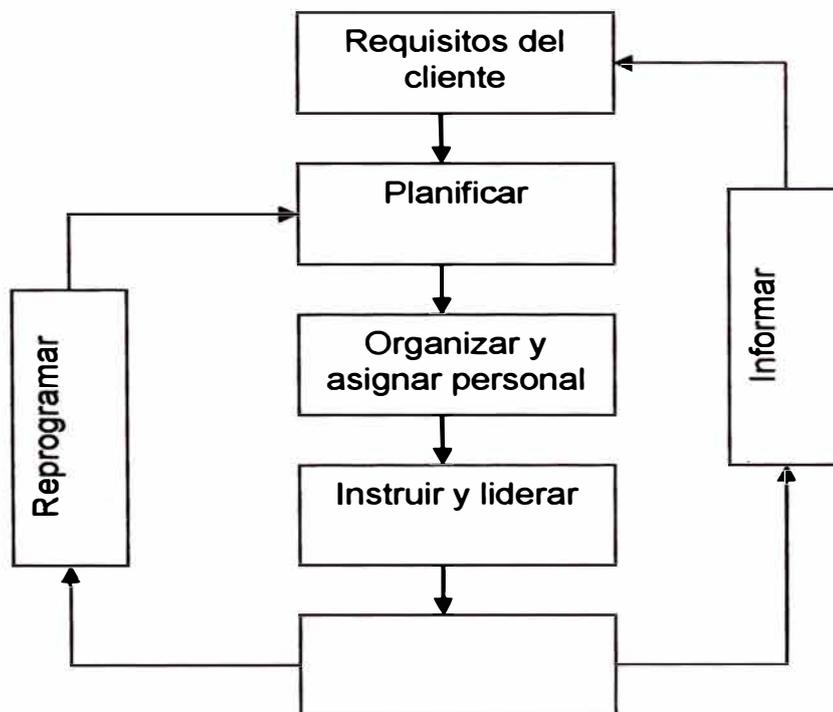


Fig. 2.- Diagramas de Funciones Básicas del Proyecto

1.1.5 PLANIFICACIÓN

La planificación de una obra es el conjunto de decisiones que toma la Gerencia del proyecto para llevar a cabo la obra, estas decisiones que van desde la cantidad de frentes a atacar, la simultaneidad de avances entre los frentes, la secuencia de avance, la ubicación de talleres, la ubicación de campamentos, el plazo para realizar un proyecto, la ubicación de materiales en campo, el espacio físico de la obra, el espacio físico que ocuparán los materiales, el sistema constructivo, la innovación tecnológica, la constructabilidad del proyecto, la cantidad de personal que se contratará, etc. A todo este conjunto de decisiones que toma la Gerencia de Proyecto es lo que denominamos la Planificación Regional de la Obra, y son preguntas que todos los Gerentes de Proyectos se hacen y se responden cuando van a empezar a planificar una obra. Es claro que realmente las decisiones que tomemos en esta etapa y lo acertado que seamos al momento de elegir las mejores alternativas para cada una de estas preguntas dependerán en gran medida del éxito o fracaso del proyecto encomendado. En resumen la planificación de un proyecto empieza por la planificación de todos y cada unos de los detalles de la obra y como consecuencia de esta planificación se elabora la programación de la obra.

La preguntas que todo Gerente de proyecto se hace cuando van a empezar a planificar la obra son las siguientes:

QUÉ: se establecen los objetivos.

PARA QUÉ: justificación del proyecto.

COMO: se listan las actividades y sus relaciones.

CON QUÉ: se identifican los recursos.

DÓNDE : ubicación física.

CUÁNDO: definir programa (depende de “cómo”, “con qué” y “dónde”)

A QUÉ COSTO: depende de “cómo”, “con qué” y “cuándo”.

QUIÉN: se asignan responsabilidades.

Ciclo de Planificación

Los ciclos de planificación dependen de las características del proyecto y del criterio del planeador, por la filosofía que utiliza. Como ejemplo se ilustra dos diagramas con distintos modelos.

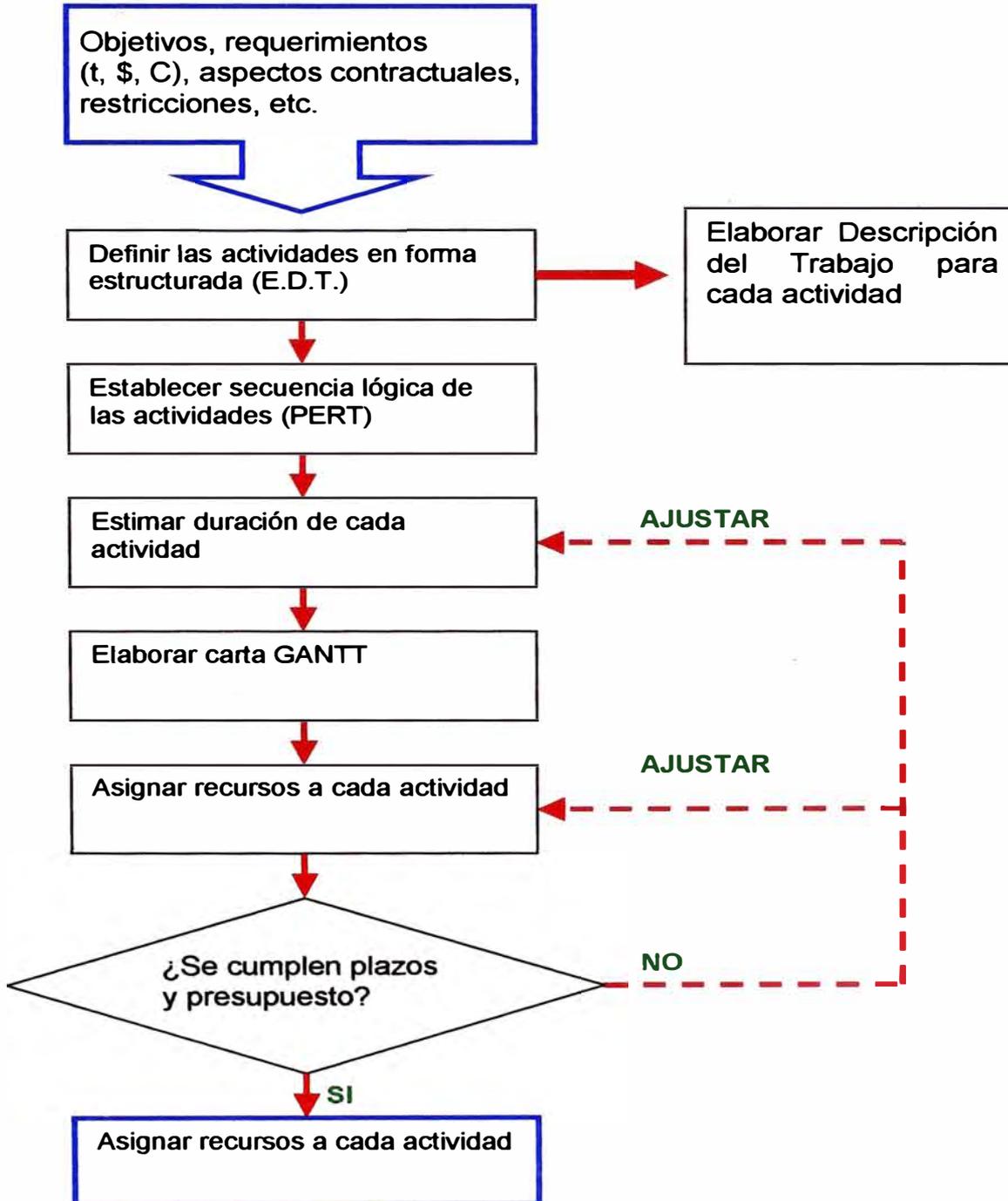


Fig. 3.- Diagrama clásico de Planificación

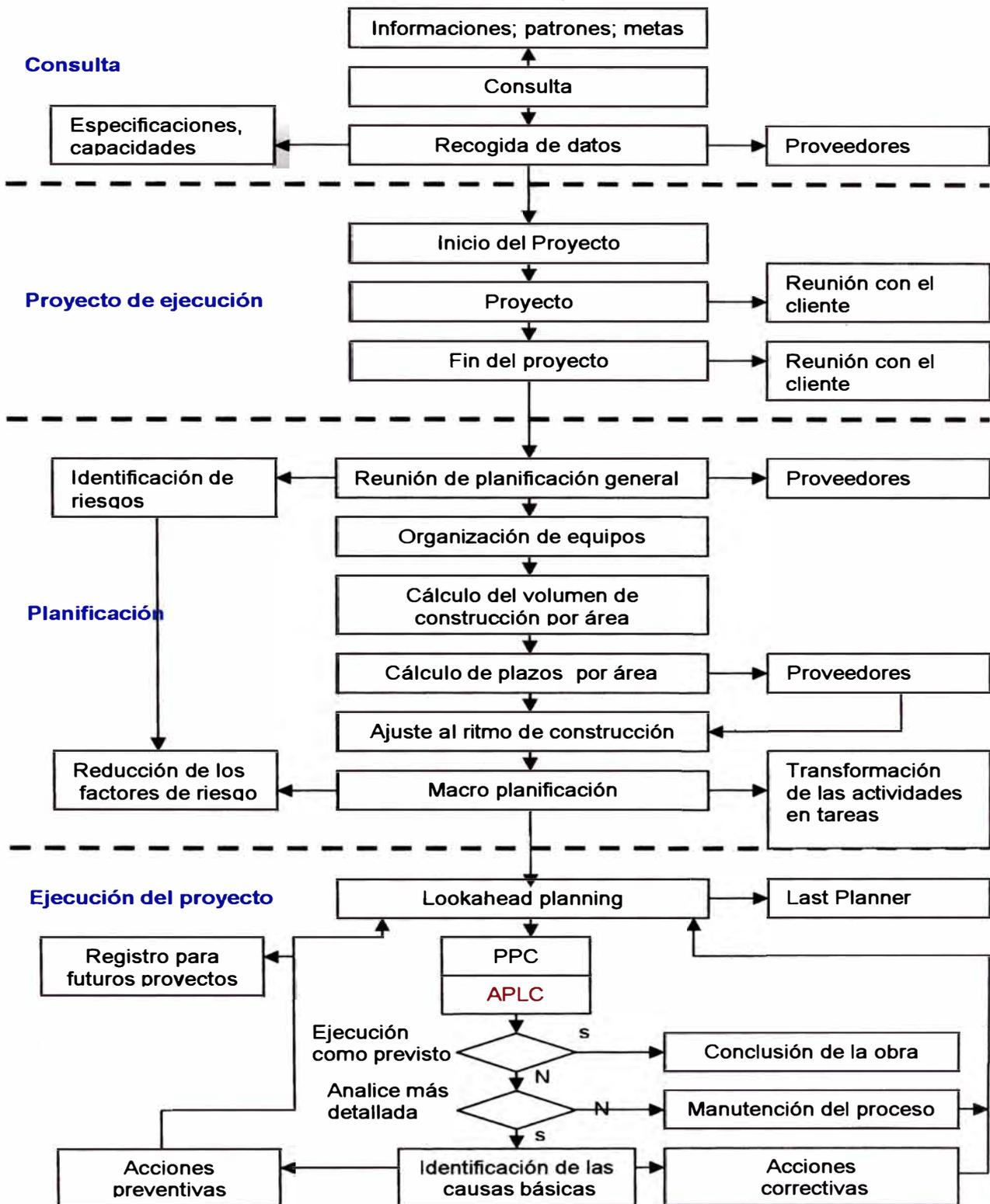


Fig. 4.- Diagrama de Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración
Fuente: Información Tecnológica Vol 18(1), 107-118 (2007) Virgilio Cruz-Machado y Pedro Rosa, Universidad de Nova de Lisboa.

1.1.6 PROGRAMACIÓN

La programación de la obra es el resultado de la planificación del proyecto y en ella se detallan todas las tareas necesarias para concluir el proyecto en los plazos previstos al igual que las duraciones, los incios y fin de cada tarea y los recursos y costo de cada actividad: en la programación de la obra podemos encontrar la Ruta Crítica del proyecto. Un retraso en cualquiera de las tareas que conforman la Ruta crítica significará un retraso en el plazo de ejecución del proyecto. Por ende estas tareas requieren especial atención y mucho control por parte de la gerencia del proyecto.

Cualquier proyecto por pequeño que sea, necesita un programa de ejecución debidamente documentado. El proceso de programación en primer lugar, obliga a que los eventos se sucedan en un orden determinado y, en segundo lugar a que se finalicen en el tiempo previsto.

Los programas constituyen la base fundamental para el control.

Las Fases del Proyecto

Para organizar y gestionar un Proyecto, es conveniente pensar en términos secuenciales. El hacer esto, permite asegurarse que se han tomado todas las decisiones y se han proporcionado todos los recursos necesarios para que todas las fases unas tras otra, lleven adelante su cometido de forma eficiente.

Proporciona también el marco adecuado para que la dirección pueda revisar en el futuro la marcha del Proyecto y si es necesario redireccionarlo o emprender acciones correctivas.

Objetivos de la Programación

Primarios

- Identificar las fechas de inicio y finalización de las actividades así como su duración.
- Calcular los recursos económicos necesarios.
- Evaluar los otros recursos(equipo, humano, etc)
- Decidir sobre las aprobaciones clave.

1.1.7 PROYECTOS FAMOSOS.

-Desarrollo del avión F-22 Raptor (ya culminado).

Se estima que el costo final superó el presupuesto inicial en varios billones de dólares (37.5b a 48b). El precio actual de cada avión es de casi 100millones. Aquí todo falló en el 2000 por retrasos, sobre costos y problemas técnicos. Se pasó el tiempo (+20 años).



Foto 1: Mantenimiento del avión F-22 raptor



Foto 2: El proyecto "Avión F-22 Raptor" en prueba

-La Opera House en Sydney,

Pasó de un presupuesto inicial de 7 millones de dólares a un costo final de 107 millones.



Foto 3: Construcción de Cúpula de Opera House

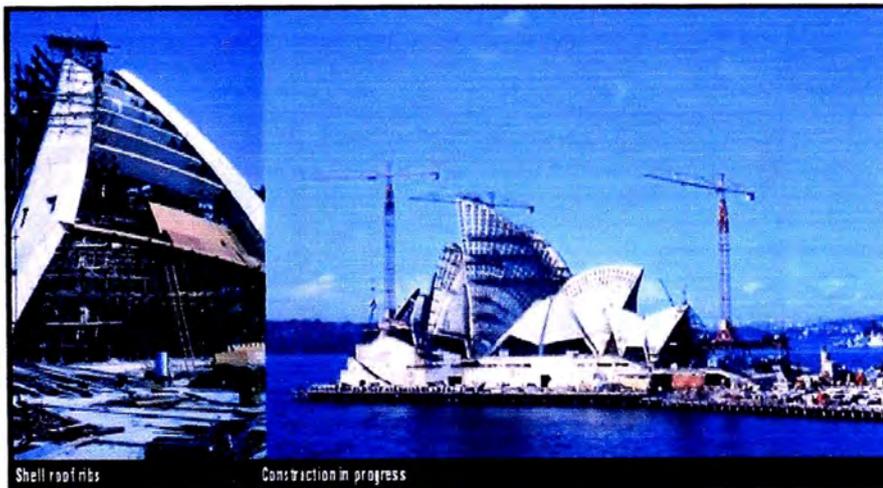


Foto 4: Ubicación de Torres grúa en construcción



Foto 5: Inauguración de la Opera House

-Puente colgante Tacoma Narrows

En el mes de julio de 1940 la fuerza del viento provocó la oscilación del puente, al cabo de horas el centro del puente se desplomó, esto cuatro meses y siete días después de su apertura.

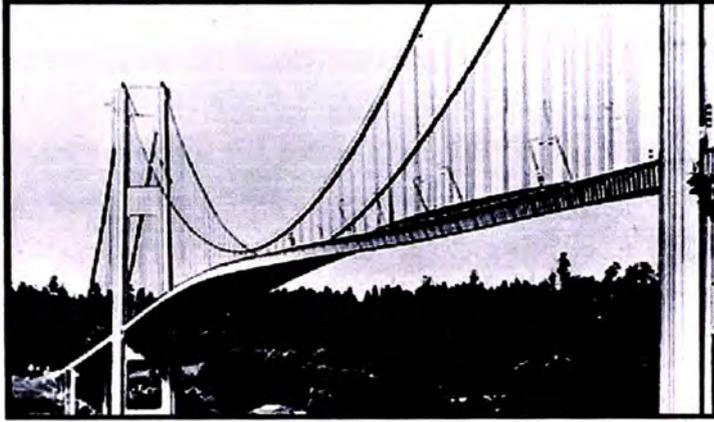


Foto 6: Momentos precisos del pando del puente Tacoma

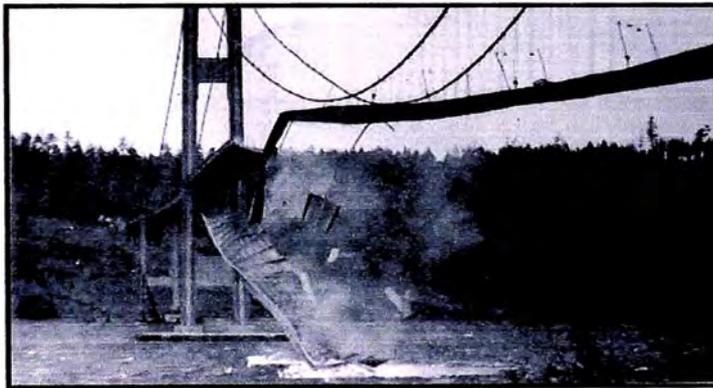


Foto 7: Momentos precisos del desplome del puente Tacoma



Foto 8: Modelo del puente sobre el estrecho de Tacoma en el túnel de viento de la Universidad de Washington. (años después del desplome)

1.2.0 LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCION SIN PERDIDAS).

La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas del sector manufacturero debido a la opinión que la construcción es diferente de los otros sectores, por tanto, siempre hemos llegado a la conclusión que lo que es bueno para ellos no es bueno para "nosotros". Parece que esta máxima se ha vuelto un postulado de la construcción.

En la década del 90 en Finlandia, donde el Ingeniero civil Lauri Koskela sistematizó los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking; Kaizen Mejoramiento continuo; Justo a Tiempo, etc.) junto con la Ingeniería de Métodos y Estudio del Trabajo para reformular los conceptos clásicos de programar y control de Obras. En 1993 realizó el 1er. Taller de LEAN CONSTRUCTION en Espoo(Finlandia), teniendo en cuenta las ideas de Shingo (1988), Schonberger (1990) y Plassl (1991).

Objetivo

Las redes orientadas y cerradas siempre tienen actividades con holguras y el objetivo es convertir dichas actividades en críticas (holgura cero) pero teniendo en cuenta los flujos, los mismos que deben ser reducidos al mínimo con el mejoramiento continuo de la disposición en planta (layout plant) que repercute en una mejora en la producción y por ende en la Productividad.

1.2.1 GERENCIA DE PROYECTO Y PRODUCCIÓN.

El enfoque de la gerencia de proyecto "Project Management" está basado en el proceso de conversión o transformación (de actividades) y no en el flujo o en el proceso de generación del valor.

En el Project Management, no se hace mención de estructurar el trabajo como un flujo o de definir las actividades de manera tal que puedan facilitar la ejecución del trabajo

Por tanto, por lo que concierne al Project Management, la pregunta es: ¿Quién maneja la producción y como?

En el Project Management, el control del proyecto consiste en el monitoreo del progreso hacia los objetivos del proyecto. El concepto del control del proyecto es muy diferente del control de la producción.

El control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el Cliente, por otro lado el fin del Control del Proyecto es detectar las variaciones del objetivo planeado, así que se puedan tomar acciones correctivas.

Otro instrumento utilizado en el Control del Proyecto tradicional es la Descomposición de la Estructura de Trabajo: Work Breakdown Structure (WBS). El objetivo de la WBS es dividir el trabajo del proyecto en partes de manera tal que pueda ser monitoreado y controlado. También en este caso, no se hace mención del proceso de producción.

Todas estas técnicas utilizadas en el Control del Proyecto tradicional quieren evidenciar las eventuales variaciones que se pueden presentar durante la ejecución de un proyecto en relación a lo programado y presupuestado. Una vez aprendido a determinar las variaciones, todos los expertos en este campo nos invitan a tomar las acciones correctivas para solucionar los problemas.

Ahora sabemos que hay un problema, ¿Pero cuáles han sido las causas que han determinado el problema? (el control del proyecto tradicional no suministra ninguna indicación). ¿Qué hacemos?.

El Project Management necesita evolucionar. El resultado de la evolución es la Lean Construction.

1.2.2 PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION.

Las primeras ideas de la nueva filosofía de producción se originan en Japón en el año 1950, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas, limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas. (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1984, Shingo 1988).

Simultáneamente, los aspectos de calidad han sido implementados por la industria japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum. La filosofía de calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Estas ideas han sido desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales en un largo proceso de pruebas y errores; pero no establecieron una base teórica de fondo. Por consiguiente, hasta el principio de los años 80s, la información que tenía el mundo Occidental fue muy limitada. Sin embargo, las ideas difundidas a Europa y Norteamérica comienzan aproximadamente en 1975, debidas al cambio de mentalidad de la industria automotriz.

Durante los años 1980, una serie de textos fueron publicados para explicar y analizar el acercamiento hacia la nueva filosofía en forma más detallada (Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Henos 1988, O'Grady 1988, Garvin 1988, Berangér 1987, Edosomwan 1990). A principios de los años 90s, la nueva filosofía de producción, es conocida con diferentes nombres (la fabricación de clase mundial, Producción flexible, nuevo Sistema de producción), la cual ha sido practicada, al menos parcialmente, por grandes empresas de fabricación en América y Europa. El nuevo acercamiento también ha sido difundido a nuevos campos, como la producción personalizada (Ashton y Cook 1989), servicios, administración (Harrington 1991), y el desarrollo de nuevos productos. Mientras tanto, la nueva filosofía de producción ha sufrido un impulso en su desarrollo, principalmente en Japón, nuevas herramientas han

sido desarrolladas paralelamente para aumentar el desarrollo de la filosofía, como el Despliegue de Función de Calidad (QFD) (Akao 1990).

El Lean Production o Sistema Toyota ha servido de base para la elaboración de las Cadenas Críticas, Teoría de las restricciones y mejoramiento continuo, propuesto por el físico israelí Eliyahu Goldratt, en su libro La Meta, Teoría de las restricciones, Las cadenas críticas y no fue la suerte (2° parte de La Meta), que ha revolucionado la administración de negocios y por su extensión a la Construcción. Paralelo a la propuesta de Goldratt se crea una nueva filosofía de Planificación de proyectos, que nace a comienzos de los años 90s en Finlandia, teniendo como modelo el Lean Production Japonés, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos mas avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y Controlar obras. Koskela propone esta nueva filosofía de Control de producción en su tesis de Doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992.

Los expertos han llegado a delinear algunos principios heurísticos, que listamos a continuación:

- 1.- Reducir la porción de actividades que no aportan valor
- 2.- Incrementar el valor del output a través de consideraciones sistemáticas de los requerimientos del consumidor
- 3.- Reducir la variabilidad
- 4.- Reducir el tiempo del ciclo
- 5.- Simplificar, minimizando el número de pasos, partes y uniones
- 6.- Incrementar la flexibilidad del output
- 7.- Incrementar la transparencia del proceso
- 8.- Enfocar el control en la totalidad del proceso
- 9.- Aplicar un mejoramiento continuo en el proceso
- 10.- Balancear el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión
- 11.- Benchmarking

La terminología del TPS (Toyota Production System)

Just in Time	ジャストインタイム	Producción a tiempo
Jidoka	自動化	automatización con un toque humano
Heijunka	平準化	Nivelación de la producción
Kaizen	改善	Mejoramiento continuo
Poka-yoke	ポカヨケ	Evitar errores
Kanban	看板	Tarjeta, señal
Andon	アンドン	Linterna (señal en el sentido general)
Muda	無駄	Desperdicio, pérdida
Genchi Genbutsu	現地現物	Ve y verifica tu mismo

Cuadro 1.- Terminología del sistema de Producción Toyota

1.2.3 TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.

El Último Planificador es un sistema de control de producción en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a capataces, subcontratistas, entre otros actores. Con el fin de lograr compromisos en la planificación.

Como respuesta a la costumbre de planificar y controlar los proyectos de forma global, se han desarrollado una serie de metodologías para resolver el problema de la falta de confiabilidad de las planificaciones en forma diferente. En principio, el enfoque para resolver el problema, es la planificación de horizontes de tiempo más cortos, y por tanto más predecibles, más confiables.

Podemos comenzar el desarrollo del nuevo sistema respondiendo la siguiente pregunta que el lector se debe estar formulando. **¿Quién es el último planificador?**

El Ultimo Planificador es la persona que directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción. El Ultimo Planificador típicamente es responsable de la capacidad de las unidades de producción, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El Ultimo Planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en una construcción específica puede ser el jefe de obra o el capataz a cargo.



Fig. 5.- Esquema del Last Planner (Ultimo Planificador)

El control de la Producción

Debería–Puedo- Se hará - Hecho (Should – Can – Will)

Las asignaciones comunican lo que se HARÁ (will) y son el resultado de un proceso de planeamiento que intenta igualar en la mejor manera el “hara” con el DEBERÍA (Should), dentro de las restricciones del PUEDE (can).

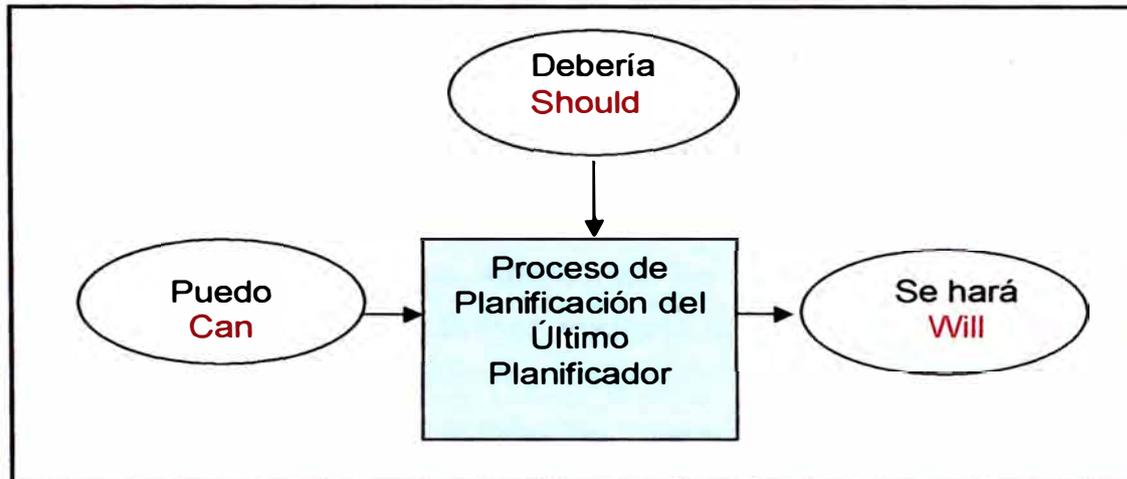


Fig. 6.- Diagrama de Control de Producción

- En esta técnica, el enfoque central del control no son los trabajadores, sino más bien el flujo de trabajo que une los trabajadores entre ellos.
- El sistema de control del Último Planeador es una técnica con reglas y procedimientos bien definidos, con herramientas que facilitan la implementación de estos procedimientos.

Con referencia a los procedimientos, el sistema considera:

- El control de la unidad de producción
- El control del flujo del trabajo
- La función del primero es la mejora progresiva de las asignaciones.
- La función del segundo es hacer que el trabajo fluya a través de las unidades de producción en la mejor secuencia, de la manera más productiva.

1.2.4 LOOKAHEAD SCHEDULE.

El instrumento del Lookahead Process es un programa de asignaciones potenciales para las próximas semanas, denominado "Lookahead Schedule".

El número de semanas, incluidos en el cronograma (generalmente de 3 a 12), está basado en las características del proyecto, la confianza en el sistema de planeamiento y los tiempos a disposición (Lead Times) para adquirir información, materiales, mano de obra y equipo

Lookahead Schedule puede compararse a una ventana abierta en el Master Schedule, con una visión al futuro cercano del desarrollo del proyecto.

Antes de abrir la ventana, el Master Schedule debe ser disgregado en un nivel de detalle apropiado para representar las asignaciones en un formato semanal. Esto hará que cada actividad produzca múltiples asignaciones.

Sucesivamente, cada asignación viene sujeta a un Análisis de Restricciones (Constraints Analysis), para determinar lo que hay que hacer, de manera que esté lista para la ejecución.

La regla general es incluir en la ventana Lookahead sólo aquellas actividades que puedan estar listas para ser completadas según el programa.

La Fig. siguiente es una representación esquemática de la ventana Lookahead, que muestra el trabajo que fluye a través del tiempo, de derecha a izquierda.

- En este caso, las asignaciones potenciales entran en la ventana seis semanas antes de la ejecución programada y se desplazan hacia adelante una semana por cada semana transcurrida, hasta cuando estén permitidas de entrar en el la reserva de trabajo disponible (Workable Backlog)
- Cuando las asignaciones llegan a la reserva de trabajo disponible significa que todas las restricciones han sido levantadas y que están en la secuencia apropiada para la ejecución.

- Planes semanales de trabajo vienen preparados con lo que se ha almacenado en el Backlog, mejorando así la productividad de aquellas cuadrillas o teams que reciben las asignaciones e incrementando la confianza del flujo del trabajo.

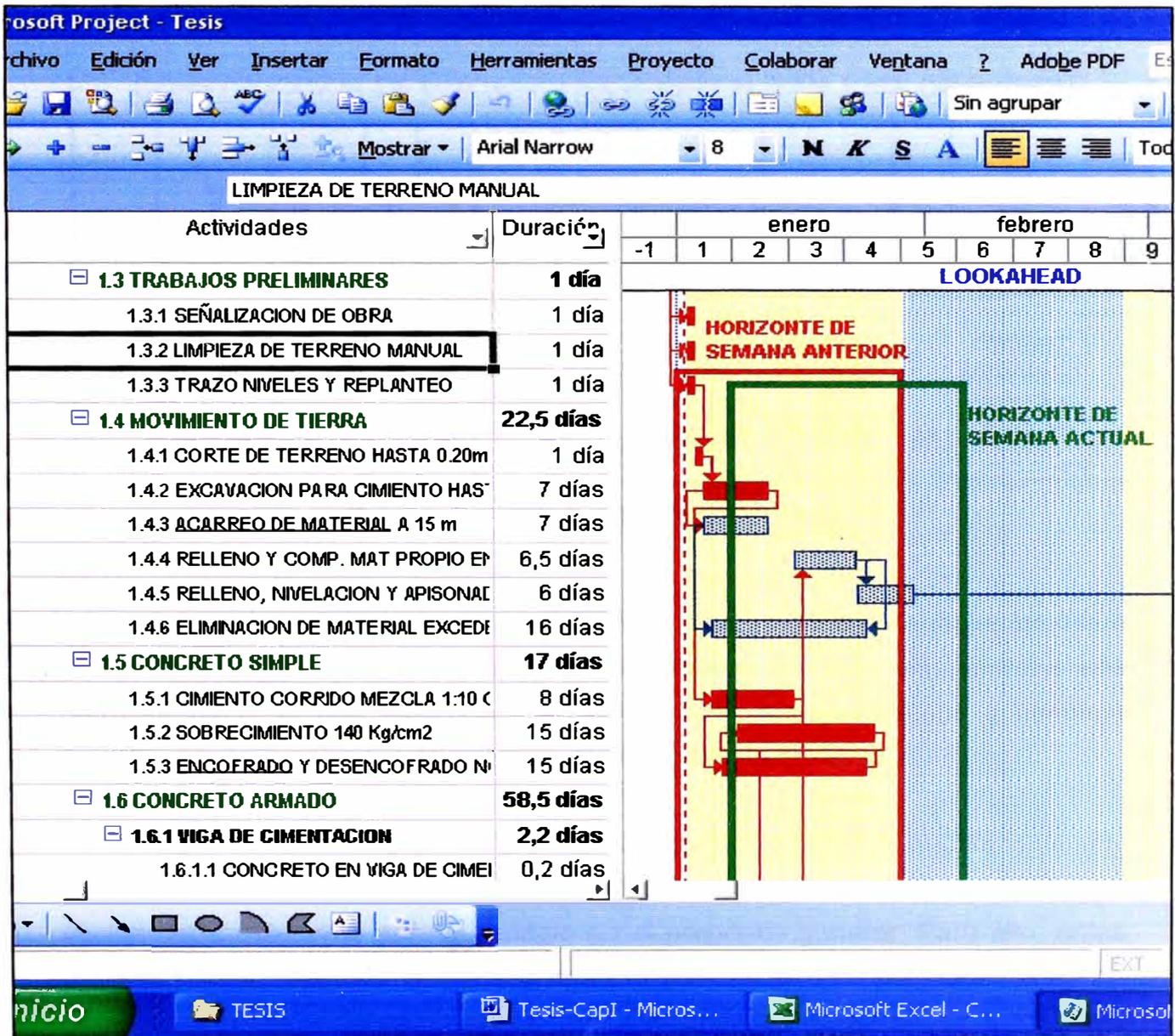


Fig. 7: Esquema del Horizonte del Lookahead

1.2.5 ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES.

Una vez que las actividades han sido incluidas en la ventana Lookahead, se procede al Análisis de las Restricciones (Constraints Analysis).

Entre las varias restricciones podemos enumerar:

El contrato, el diseño, los pedidos para aprobación, los materiales, los trabajos previos necesarios, el espacio (lugar de trabajo), el Equipo, la Mano de obra, Otros. La Fig siguiente ilustra un ejemplo de Análisis de Restricción

CONSTRUCCION DE UNIDADES EN HOSPITAL SAN JOSE DE CHINCHA										
ID	Actividad	Fecha de Comienzo	Contrato	DISEÑO	Aprobaciones	Materiales	Trabajos previos	Espacio	Equipo	Mano de obra
	Concreto de Zapata	9.01.08	ok	ok	ok	Insuficiente (cemento Tipo V)	Terminar Concreto de Solado	ok	Revisar Mezclado ra antes 15.01.08	ok

Cuadro 2: Análisis de la Restricciones

La teoría de restricciones es un método que se basa en nuestra intuición. Por ello establece la importancia de verbalizarla. Ponerla en palabras nos permitirá hacer lo que creemos y al mismo tiempo convenceremos a nosotros mismos y a los demás que la solución propuesta es la correcta.

Para poder verbalizar es importante establecer algunas pautas. Primero, debemos entender que todo el sistema tiene un propósito, y que toda área o acción debe evaluarse por su impacto en el propósito general. Para ello, antes debemos haber definido la meta global del sistema y los indicadores que nos permitan evaluar su impacto en el propósito general. Segundo, es importante conocer la terminología empleada dentro del sistema que deseamos mejorar y del mismo proceso de mejora. Tercero, es necesario reconocer la restricción del sistema. Las restricciones usualmente son pocas y es todo aquello que limita al sistema a lograr una mejor performance respecto a la meta.

Para conseguir la mejora y alcanzar los objetivos de la empresa la teoría de restricciones ha planteado los 5 ya vistos:

- Paso 1: Identificar la restricción del sistema., si hay mas de una priorizar en base al propósito general.
- Paso 2: Decidir como explotar la restricción del sistema.
- Paso 3: Subordinar las demás actividades a nuestra restricción.
- Paso 4: Elevar la restricción.
- Paso 5: Volver al paso 1, en esta etapa de debe evitar que la inercia cause una restricción al sistema.

Estos cinco pasos permiten reorganizar la empresa enfocando los objetivos generales. Sin embargo, para implantar un proceso de mejora continua es importante usar la terminología del proceso de mejora mismo. Así, la teoría de restricciones establece que un proceso de mejora continua requiere: Encontrara qué cambiar, tener claro hacia dónde cambiar y solo entonces encarar la pregunta cómo causar el cambio.

Aplicación En La Construcción

En una obra de edificación hay un retraso respecto al plazo de colocación de los marcos de maderas de puertas y ventanas. Se ha subcontratado a un grupo de personas encargadas de esta partida, a los cuales se les ha propuesto una programación de colocación de acuerdo al plazo final del proyecto, dicha programación no se esta cumpliendo debido a demoras en el tarrajeo. Este problema esta retrasando el plazo de la terminación de la obra, lo cual genera un mayor costo del subcontrato, debido a que restringe a que estos puedan realizar su trabajo.

Como meta tendremos que cumplir con la programación de la colocación de los marcos de madera para puertas y ventanas sin afectar al plazo ni el costo final del subcontrato.

- Identificar la restricción: La restricción es la demora en el tarrajeo, el cual se produce debido a demoras en la preparación del mortero.
- Explotar la restricción: Indicar a la cuadrilla de peones, que se encarga de abastecer de material a los encargados del tarrajeo, donde deberá ser colocado de tal forma que a la cuadrilla de tarrajeo se le facilite el trabajo.

Para ello, Lean Construction a eliminado aquello que no agrega valor y La Teoría de Lotes nos facilita encontrar el lote de transferencia adecuado.

- Subordinar a la restricción: Indicar a la cuadrilla que abastece de material de llevar lo justo y necesario. Si no lo hace así, en el caso que exceda la cantidad necesaria, no se va a poder mantener el flujo de trabajadores, y, en el caso que sea menos del necesario, la cuadrilla de tarrajeo se va a quedar sin trabajar.
- Elevar la restricción: asignar una cuadrilla que se encargue de preparar el mortero y proporcionarlo a la cuadrilla de tarrajeo, la cual paralelamente irá ejecutando este trabajo.
- Regresar al primer paso: Luego de haber acelerado el proceso de tarrajeo y adecuado el proceso a la naturaleza del proyecto, se podrá cumplir con los plazos de entrega de éste, por lo tanto los encargados de la colocación de los marcos de madera podrán realizar su trabajo de acuerdo con la programación propuesta.

1.2.6 LA TÉCNICA JALAR “PULL”.

PULL (jalar) es un método para determinar cuando se debe introducir materiales o información en un proceso de producción. El método alternativo es PUSH (Empujar).

Tradicionalmente, los programa de construcción utilizan el mecanismo de PUSH para el aprovisionamiento de materiales e información; aquí el suministro está basado en las fecha de comienzo de las labores según el programa (Master Schedule).

- Por contraste, PULL permite el suministro de materiales e información en un proceso de producción sólo si el proceso está en grado de hacer aquel trabajo, como determinado por la Lookahead Schedule.
- Además, hacer que las asignaciones estén listas en un proceso Lookahead es explícitamente una aplicación de la técnica PULL. **Consecuentemente el Último Planificador es un sistema del tipo PULL.**

También en un sistema PUSH, determinados materiales se aprovisionan con un método PULL; por ejemplo: el concreto.

Cuando se utiliza la técnica PULL, hay que tener cuidado que la extensión de la ventana Lookahead sea siempre más grande que el tiempo de aprovisionamiento requerido (Lead Time) de un material determinado, para que dicha técnica sea eficaz.

1.2.7 CARGA Y CAPACIDAD.

Igualar la carga de trabajo a la capacidad dentro de un sistema de producción es crítico para la productividad de las unidades de producción a través de las cuales fluye el trabajo.

- Entre las varias funciones, el Lookahead Process debe mantener una reserva de asignaciones disponibles (Backlog) para cada unidad de producción (UP).
- Hacer esto requiere la estimación de la carga de trabajo que la UP deberá ejecutar y la estimación de la capacidad de la UP para procesar dicha carga

Los datos utilizados para las estimaciones no siempre corresponden a la realidad, por tanto el Planificador deberá hacer algunos ajustes.

Podemos cambiar la carga para igualar la capacidad o cambiar la capacidad para igualar la carga o podemos utilizar una combinación de ambas.

- Debido a las ventajas de mantener una fuerza de trabajo estable y evitar cambios frecuentes, la preferencia es de ajustar la carga.

Sin embargo, esto no será el caso cuando hay presiones para lograr ciertas fechas fijas (milestones).

- La carga puede ser cambiada para igualar la capacidad, retardando o acelerando el flujo de trabajo.
- La capacidad puede ser cambiada para igualar la carga, reduciendo o incrementando los recursos.

1.2.8 EL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.

El sistema del Último Planificador es una herramienta para controlar interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad entre éstos y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación dentro de la filosofía "Lean Construction".

Resulta evidente que el Último Planificador aporta al sistema tradicional de Project Management un nuevo componente, es decir el control de la producción.

- En función de lo que hemos ilustrado, podemos describir al Último Planificador como un mecanismo para transformar lo que debería ser hecho (SHOULD) en lo que se puede hacer (CAN), formando una reserva de trabajo (Backlog), de la cual se prepararán los programas semanales.

- Las asignaciones de los planes de trabajos semanales (Weekly Work Plans) son el compromiso (commitment) de lo que el Último Planificador realmente hará (WILL).

- La figura a continuación resume dicho proceso.

Tal sistema se opone al sistema tradicional representado a continuación.

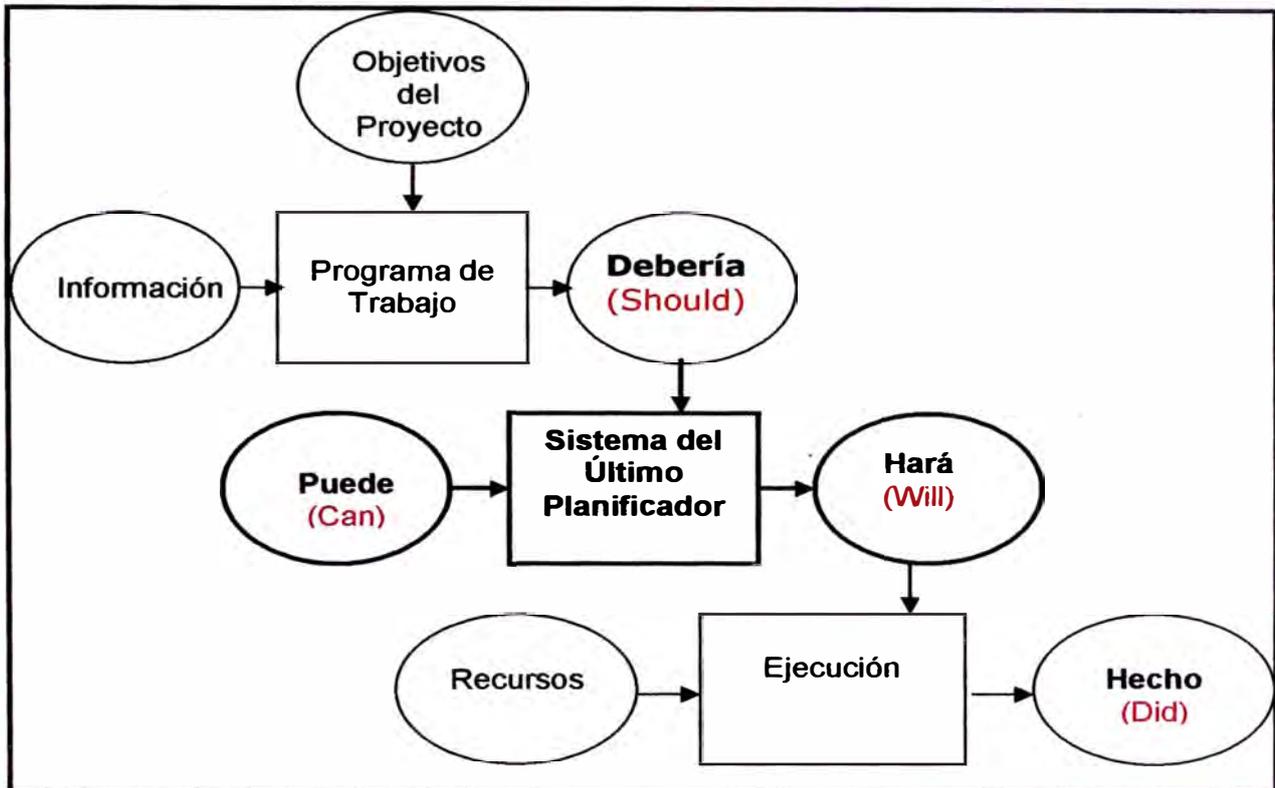


Fig. 8: Diagrama del Sistema del Último planificador

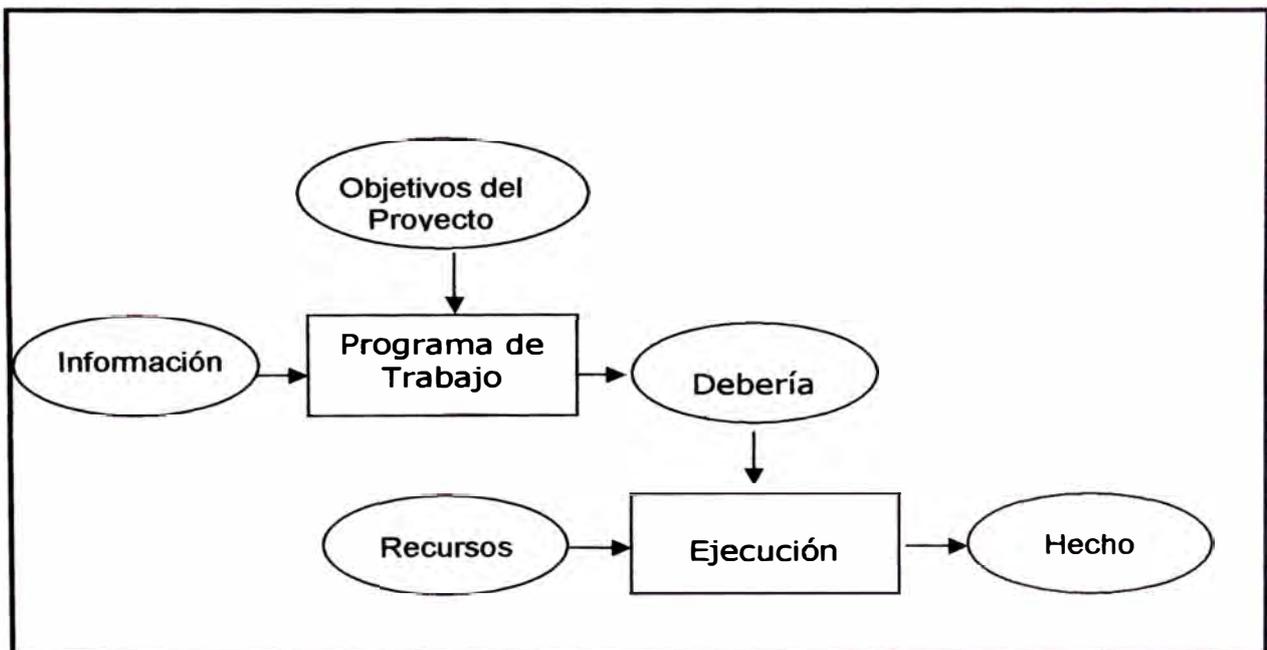


Fig. 9: Diagrama del Sistema Tradicional de Planeamiento

1.3.0 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER)

En el capítulo 1.2.3 y 1.2.8, definimos a este personaje y su sistema empleado, pues es importante describir ahora a mayor detalle las acciones empleadas por este sistema, a fin de reducir pérdidas principales para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo.

1.3.1 JERARQUÍA DE PLANIFICACION.

La práctica, adoptada hoy en día en el planeamiento de los proyectos de construcción, consiste en la preparación de un programa general, que en el lenguaje de la Lean Constructtion se denomina programa maestro “Master Schedule” Este programa viene preparado al comienzo del proyecto y se extiende desde al comienzo hasta el fin de las operaciones del proyecto.

Estos tipos de cronogramas pueden tener muchos fines, desde la coordinación de las varias actividades y compañías que operan en el proyecto, hasta la determinación de los pagos (cronogramas valorizados). Sin embargo, este tipo de programación no puede ser muy detallada por lo que concierne al futuro, debido a la falta de información acerca de las duraciones reales y de los suministros. Además, como ya sabemos, el enfoque del planeamiento se concentra en lo que DEBERIA (SCHOULD) ser hecho sin tener en cuenta lo que en realidad se PUEDE (CAN) hacer. Como consecuencia, los empeños acerca de los trabajos que pueden ser completados y entregados a otras Unidades de Producción no son muy confiable

1.3.2 PLANIFICACION MAESTRO.

El planeamiento inicial es típico de la fase de Definición del Proyecto y de las fases de diseño. El producto de este planeamiento inicial se conoce como programa maestro (Master Schedule).

La Master Schedule quiere lograr fines específicos como:

- Demostrar la factibilidad de la finalización del proyecto en términos de fechas. Es decir, determinar si el proyecto puede ser completado en un plazo específico.
- Desarrollar y presentar las estrategias de construcción.
- Evidenciar las actividades que requieren de un “lead time” (Tiempos de entrega) considerable (tiempo para adquirir información y recursos).
- Identificar los Milestones que son importantes para el Cliente o los Stakeholders.

Básicamente, se puede afirmar que un programa maestro de producción, es un plan detallado que establece la cantidad específica y las fechas exactas de fabricación de los productos finales [Heizer & Render,1997; Russell & Taylor, 1998]. Al respecto, Vollmann et al [1997] agrega que un efectivo MPS debe proporcionar las bases para establecer los compromisos de envío al cliente, utilizar eficazmente la capacidad de la planta, lograr los objetivos estratégicos de la empresa y resolver las negociaciones entre fabricación y marketing.

1.3.3 PLANIFICACION FASE

El Lean Construction Institute recomienda utilizar Técnicas Pull (Pull Techniques) y Planeamiento con el Team (Team Planning) para desarrollar schedules para cada fase del trabajo, desde el diseño hasta la entrega del proyecto.

La Técnica Pull consiste en trabajar al revés desde la fecha objetivo de terminación, así que las actividades vengan definidas y secuenciadas de manera que su terminación entregue trabajo a la otra unidad, es decir lograr un handoff.

Una regla de la Técnica Pull es hacer sólo trabajo que entregue otro trabajo, requerido por alguien. Esta regla permite reducir el desperdicio de exceso de producción, uno de los siete tipos de desperdicios, definidos por Ohno. El trabajo al revés desde una fecha objetivo de terminación elimina trabajo, que es habitualmente hecho pero sin aportar valor.

El Team Planning involucra los representantes de todas las organizaciones que hacen el trabajo dentro de la fase.

Preparación del Cronograma Fase

En la preparación del Phase Schedule, los componentes del Team escriben en hojas de papel adhesivo (stickers) una simple descripción del trabajo que deben hacer para entregar el trabajo a otros, estos stickers vienen pegados en una pared según la secuencia programada, las figuras a continuación mostradas ilustran los varios pasos para preparar una Phase Schedule.



Foto 9: planificación Fase. "Phase Schedule"

De esta forma, los varios componentes del Team empiezan a actuar, discutiendo los métodos de construcción y negociando secuencias y cantidades, tan pronto ven el resultado de sus actividades y los efectos entre ellas.

El primer paso para formalizar el planeamiento y la Phase Schedule es el desarrollo de un network lógico moviendo y colocando los stickers.

El paso sucesivo consiste en determinar las duraciones y ver si existe algún espacio de tiempo entre la fecha de inicio calculada y la posible fecha de inicio. En este momento, es importante que las duraciones no vengán infladas.

Ahora, queremos producir una schedule "ideal", que se basa en estimaciones promedias de duración.

Sucesivamente, el Team viene invitado a reexaminar la lógica y la intensidad (aplicación de recursos y métodos) de la schedule para generar un mayor espacio de tiempo. Después, deciden como gastar este espacio de tiempo:

- Asignándolo a las duraciones de actividades más inciertas y potencialmente variables.
- Atrasando el comienzo para invertir más tiempo en trabajo anterior o permitir que ulteriores informaciones puedan emerger.
- Acelerando la fecha de terminación de la fase.

El punto clave de este paso es la generación, cuantificación y asignación de una contingencia en el programa, de manera deliberada y pública.

Propósito del Cronograma Fase

El propósito del Cronograma Fase es la producción de un plan para completar una fase del trabajo que maximiza la generación del valor y que cada participante entienda y apoya.

El Cronograma Fase será el plan del cual las actividades programadas serán extraídas para ser incluidas en el proceso Lookahead, donde serán divididas en detalles operativos y hechas disponibles para las asignaciones en el Weekly Work Plan (Plan de Trabajo Semanal).

Participantes

Los participantes en el proceso de preparación de la Phase Schedule son los representantes de los que harán el trabajo en esta fase.

Generalmente, el team propuesto a preparar una Phase Schedule está compuesto por el contratista general, los subcontratistas, los Stakeholders interesados como los diseñadores y el Cliente.

Los participantes deberán traer la Master Schedule, los planos de construcción y los contratos relativos.

Proceso

El proceso para generar una Phase Schedule consiste de los pasos siguientes:

1. Definir el trabajo que será incluido en la fase; por ejemplo: Cimentaciones, superestructura, acabados, etc.
2. Determinar la fecha de terminación de la fase.
3. Utilizar Team Planning y etiquetas, pegadas en la pared, para desarrollar el network de actividades requeridas para completar la fase, trabajando al revés, desde la fecha de terminación e incorporar cualquier milestone interino.
4. Determinar las duraciones de las actividades sin ninguna contingencia.

5. Reexaminar la lógica para ver si es posible abreviar la duración de la fase.
6. Determinar la fecha más temprana prácticamente posible del comienzo de la fase.
7. Si después de haber comparado los tiempos de comienzo y de fin con la duración de las actividades, se determina que existe un espacio de tiempo, decidir los buffers eventuales a las actividades.
 - ¿Cuáles son las duraciones más frágiles?
 - Clasificar las actividades más frágiles según el grado de incertidumbre
 - Asignar el tiempo disponible a las actividades más frágiles en aquel orden
8. ¿Confía el Team que los buffers disponibles sean suficientes para asegurar la terminación dentro de los Milestones? En caso contrario, se deberá planificar otra vez o cambiar los Milestones como requerido y posible.
9. Si después del buffering, todavía existe tiempo disponible, decidir si acelerar la schedule o utilizar este tiempo para mejorar la probabilidad de terminación.
10. Eventual tiempo no asignado puede ser utilizado como un buffer de contingencia para la fase.

1.3.4 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD).

La planificación Lookahead se coloca entre los cronogramas de coordinación general (Master Schedule y Phase Schedules) y los empeños a breve plazo de las Unidades de Producción (planes semanales de trabajo). La Lookahead Schedule viene denominada así porque mira varias semanas adelante en el futuro (Lookahead). El número de semanas incluidos en el cronograma está basado en las características del proyecto, la confianza en el sistema de planeamiento y los tiempos a disposición (Lead Times) para adquirir información, materiales, mano de obra y equipo.

La regla general es incluir en la Lookahead Schedule sólo aquellas actividades que puedan estar listas para ser completadas en el tiempo establecido por dicha schedule.

Adquirir información, materiales, mano de obra y equipo quiere decir liberar las actividades de todas las restricciones posibles, para permitirles que puedan ser seleccionadas como asignaciones para los planes de trabajo semanal.

En la ventana Lookahead, el trabajo fluye a través del tiempo, de derecha a izquierda y las asignaciones potenciales se desplazan hacia adelante una semana por cada semana transcurrida hasta cuando estén permitidas de entrar en la reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog), como ya hemos observado en la Figura que reportamos a continuación.

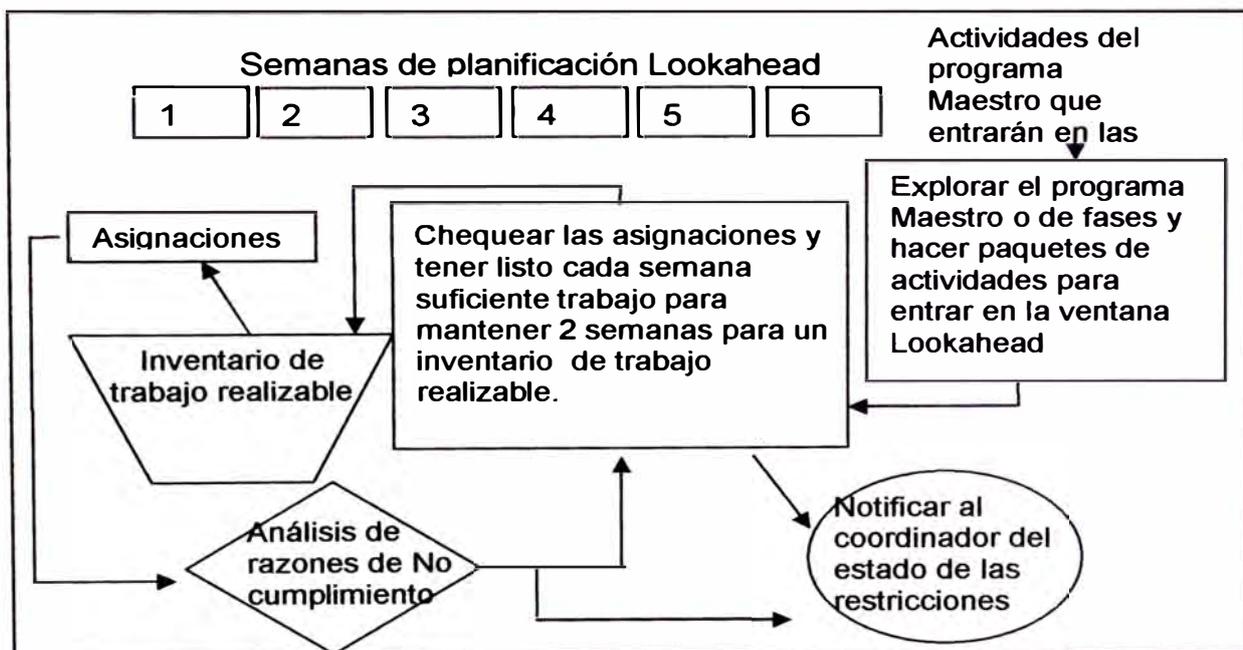


Fig. 11: Diagrama de Ventana Lookahead

En la figura anterior se tiene una ventana con una duración de 6 semanas; en la realidad, el tiempo a disposición para liberar las actividades de sus restricciones no es de 6 semanas, más bien de 4 semanas, porque las actividades se quedan generalmente en la reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog) durante dos semanas, antes de ser incluidas en el plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan). El objetivo es mantener un buffer de aproximadamente dos semanas de asignaciones confiables para poder determinar la capacidad productiva de las Unidades de Producción y absorber la posible variación de productividad en el tiempo para poder asegurar un PPC adecuado.

Para que las asignaciones puedan ser incluidas en la reserva de trabajo ejecutable deberán ser liberadas de las posibles restricciones, por tanto, como las actividades entran en la Lookahead Schedules se deberá analizar las posibles restricciones para cada una de ellas.

Una vez identificadas estas restricciones, se deberá nombrar un responsable para cada actividad, cuya tarea será asegurar la remoción de dichas restricciones en los tiempos especificados por la Lookahead Schedule para permitir que puedan ser incluidas en la reserva de trabajo ejecutable.

Un buen management de las restricciones requerirá que durante las reuniones semanales de planeamiento se verifique el estado de la situación para averiguar si los tiempos a disposición son suficientes para la remoción de dichas restricciones. Si los tiempos resultaran insuficientes, no se permitirá que las actividades vengan incluidas en la reserva de trabajo ejecutable.

Proceso

- Seleccionar desde la "Master Schedule" y las "Phase Schedules" las actividades que serán incluidas en la Lookahed Schedule.
- Dividir estas actividades a nivel detallado de asignaciones.
- Analizar las posibles restricciones.
- Hacer que las asignaciones estén listas para la ejecución (Make ready), eliminando las restricciones.
- Balancear la carga con la capacidad avanzando/retrasando el trabajo programado o incrementando/disminuyendo la capacidad.
- Modificar la "Master Schedule" o las "Phase Schedules" como necesario.

1.3.5 PLANIFICACIÓN SEMANAL.

Con los Planes Semanales de Trabajo (Weekly Work Plans) se decide lo que se HARA (Will), dentro de las restricciones de lo que se PUEDE (Can) hacer, así como planeado en la Lookahead Schedule. El plan semanal de trabajo (Weekly Work Plan) es la planificación de las asignaciones semanales, que deberán ser ejecutadas por las Unidades de Producción.

Las asignaciones de trabajo vienen jaladas (Pulled) de la Lookahead Schedule e incluidas en los Planes Semanales.

Los Planes Semanales deben responder a determinadas características de calidad como:

- Las asignaciones han sido bien definidas
 - ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?

- La secuencia apropiada de trabajo ha sido seleccionada.
 - Es decir, la secuencia ha sido planeada en base a la programación, a las estrategias de ejecución y a la constructabilidad.

- La cantidad adecuada de trabajo ha sido determinada
 - Es decir, el planificador ha escogido la cantidad de trabajo en función de la capacidad de las Unidades de Producción.

- El trabajo seleccionado es factible (puede ser hecho)
 - Es decir todos los trabajos preparatorios han sido ejecutados y los recursos están disponibles.

REGISTRO DE PLANIFICACION SEMANAL		JUBEX																	
		Emision							Revision										
		Fecha: SEMANA 1							Fecha: SEMANA2										
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Meta		carta gantt Semanal								causas de no Cumplimiento							
		comprometido	Alcanzada									Falta de requisito	Falta materiales	Falta mano de obra	Cambios de proyecto	Falta equipos-herramientas	Mal rendimiento	Falla de subcontrato	Falla de proveedor
				02	03	04	05	06	07	08									
				M	M	J	V	S	D	L									
MODULOS EN HOSPITAL																			
OBRAS PROVISIONALES																			
CASETA Y ALMACEN PARA OBRA			X	X															
CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA			X																
TRABAJOS PRELIMINARES																			
SEÑALIZACION DE OBRA			X																
LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL			X																
TRAZO NIVELES Y REPLANTEO			X																
MOVIMIENTO DE TIERRA																			
CORTE DE TERRENO HASTA 0.20m DE PROFUNDIDAD				X															
EXCAVACION PARA CIMIENTO HASTA 1m TERRENO NORMAL					X	X	X	X		X									
ACARREO DE MATERIAL A 15 m					X	X	X	X		X									
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CARGUIO MANUAL						X	X	X		X									
CONCRETO SIMPLE																			
CEMENTO-HORMIGON 30% DE PIEDRA						X	X	X		X									
SOBRECIMIENTO 140 Kg/cm2										X									
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTO							X	X		X									
CONCRETO ARMADO																			
COLUMNAS																			
ACERO DE COLUMNAS						X	X	X		X									

Cuadro 3: Registro de Planificación Semanal

1.3.6 APRENDIZAJE.

Learning quiere decir aprender. Aprender quiere decir adquirir conocimiento. En nuestro contexto, aprender significa averiguar lo que no ha funcionado, porque no ha funcionado y aplicar estos conocimientos a las operaciones sucesivas, en otras palabras, debemos averiguar cual es el porcentaje de planeamiento realizado, identificar las causas que no han permitido la ejecución del planeamiento o las causas de una menor productividad y tener en cuenta estas causas en la preparación de la planificación futura. Como sabemos, la herramienta que permite averiguar el porcentaje de planeamiento realizado es el PPC (Percent Plan Complete) – el porcentaje de la planificación completada, en español - es decir: el número de actividades planeadas que han sido completadas, dividido entre el número total de actividades planeadas, expresado en porcentaje.

El PPC mide hasta que punto los compromisos de las Unidades de Producción han sido logrados. Y el análisis de no conformidad puede ayudarnos a identificar las causas que no han permitido la implementación del planeamiento, de manera tal que la performance futura pueda ser mejorada.

Medir la performance a nivel del Último Planificador no quiere decir que los cambios deben ser hechos sólo en aquel nivel. Las causas de una baja calidad de planeamiento o la imposibilidad de ejecutar el planeamiento pueden ser encontradas a nivel de organización, proceso y función.

1.3.7 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN.

Reunión de planificación semanal

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados, relacionados con prerrequisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales.

Los propósitos de la reunión son los siguientes:

- Revisar y aprender del PPC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Lookahead, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar la Reserva de Trabajo ejecutable para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.

RESUMEN EJECUTIVO DE UNA BUENA REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL

Asistentes

- √ Administrador de obra
- √ Facilitador, jefe de terreno o encargado de planificación
- √ Supervisión y capataces
- √ Representante de la of. Técnica
- √ Subcontratistas
- √ Adquisiciones (bodeguero)

Revisión de la semana anterior

- ✓ Controlar el cumplimiento de las actividades
- ✓ Calcular el PAC
- ✓ Determinar las causas de No cumplimiento
- ✓ Tomar acciones correctivas para las causas de No cumplimiento
- ✓ Definir actividades pendientes
- ✓ Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas

Preparación de Programa semanal

- ✓ Revisar el estado de restricciones del Plan Lookahead anterior
- ✓ Definir el nuevo Inventario de trabajo ejecutable
- ✓ Contrastar el inventario con el programa propuesto por el ultimo planificador
- ✓ Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas (Buffers)

Actualización del Plan Intermedio (Lookahead)

- ✓ Presentación del nuevo plan Lookahead por parte del planificador de la obra
- ✓ Revisar el estado de restricciones del nuevo Plan Lookahead
- ✓ Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Documentos e información que deben traer los asistentes

Planificador o Facilitador de la reunión

- ✓ Programa Maestro
- ✓ Plan Lookahead antiguo
- ✓ Plan Lookahead nuevo tentativo
- ✓ Posterior a la reunión entrega el plan Lookahead definitivo a los asistentes
- ✓ Posterior a la reunión entrega el plan Semanal definitivo a los asistentes

Ultimo Planificador

- √ PAC
- √ Causas de no cumplimiento
- √ Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento
- √ Información del estado de trabajo
- √ Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- √ Plan de trabajo tentativo
- √ Plan intermedio anterior



Foto 10 : Reunión de Planificación semanal

1.3.8 MANEJO DE LOS SUBCONTRATOS.

Los subcontratistas son parte integrantes del proceso de producción y por tanto deberán utilizar las herramientas requeridas por el sistema del Último Planificador.

La performance de los subcontratistas deberá ser evaluada semanalmente, en base a los criterios definidos por la empresa. Es costumbre exponer esta evaluación en un panel, a la vista de todo el personal de obra.

El sistema de análisis del desempeño de los subcontratistas utiliza las reuniones de planificación como un nexo para evaluar el comportamiento de los subcontratistas, todos los datos acerca de la evaluación de los subcontratistas por parte de la empresa, serán almacenados en la planilla de resumen general de resultados que se muestra en la figura a continuación, junto con la información proporcionada por el sistema del Último Planificador.

A continuación se describe el procedimiento para evaluar la performance de los subcontratistas

Planilla de resultados de los Subcontratistas

Especialidad	Nombre	Avance acumulado	Monto contratado	Evaluación
Electricidad	Contratista 4	5%	255,000	7
Sanitario	Contratista 3	6%	170,000	5
Fierro	Contratista 2	35%	65,000	7
Mov. Tierras	Contratista 1	80%	56,000	3
Acabados	Jubex	5%	120,000	5
Concreto	Jubex	60%	87,000	4
Pintura	Contratista 6	5%	45,000	8

Cuadro 4: Performance de los Subcontratistas

Procedimiento

a) Panel de Subcontratistas

El panel será ubicado en un lugar visible en el terreno y tendrá las características siguientes:

- Título de la Obra: Se escribirá el nombre de la obra
- Semana: Se indicará el número de la semana correlativa al avance de la obra.
- Empresa: Se escribirán los nombres de las empresas subcontratistas.
- Caras: Se utilizarán fichas magnéticas, para representar el comportamiento

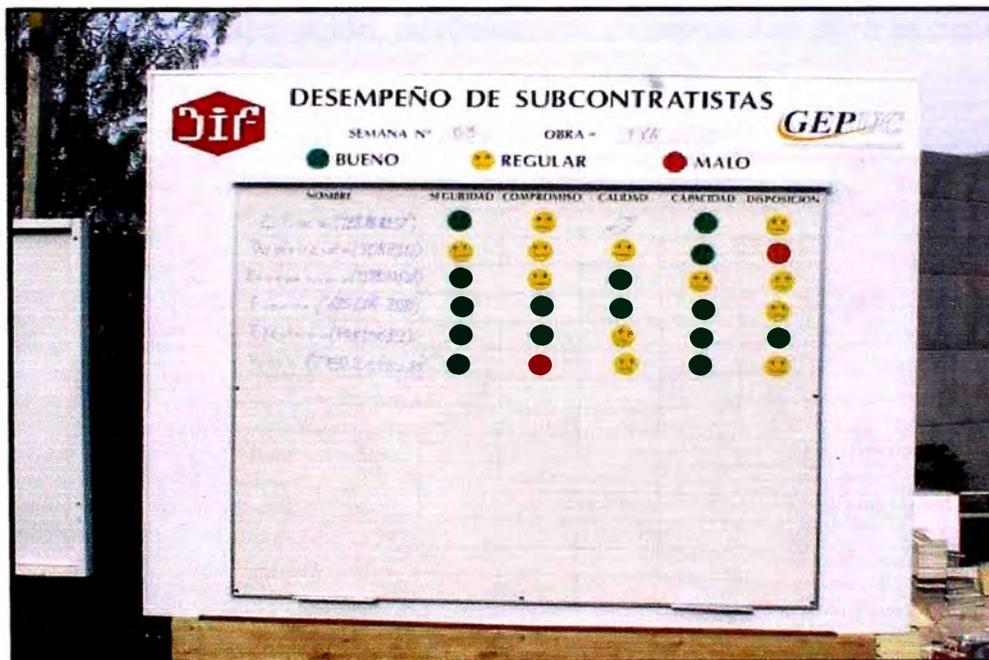


Foto 11: Pizarra que muestra el desempeño de los subcontratos en obra

b) Principios de Evaluación

La evaluación de los subcontratos se hará de acuerdo a los criterios basados en los estándares de calidad fijados por la empresa, referidos a los siguientes principios:

- Seguridad: Higiene, orden, uso de elementos de seguridad.
- Compromiso: PPC, plazos, acuerdos, leyes laborales
- Calidad: Protocolos (Correcto uso), ensayos, trabajo rehecho, respeto por trabajo terminado.
- Capacidad: Personal técnico, uso de su tecnología y conocimiento en especialidad.
- Disposición: Colaboración, participación y disposición para la capacitación de su personal.



Foto 12: Panel informativo del desempeño global de la obra en terreno.

1.4.0 DESPERDICIOS

1.4.1 IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD

En nuestro país como en muchos otros países, el diseño y la construcción de un proyecto se realiza en dos etapas bien diferenciadas y muy poco coordinadas entre si, esto se da debido a: Bajos niveles de comunicación entre los involucrados, falta de aplicación del concepto de constructabilidad en la etapa de diseño, falta de herramientas de coordinación y de visualización de los procesos y en general a la costumbre muy arraigada de ir solucionando las cosas conforme se vayan presentando. Todo esto hace que los costos de construcción de aquello que se concibe en los planos, no sea realizado de la forma más óptima posible.

Flavio Picchi (1,993), en su tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de 4 torres de departamentos, la cuarta de ellas la podríamos construir casi con los desperdicios de las otras tres.

La figura a continuación nos muestra un cuadro presentado en su tesis, donde podemos ver que dentro de las 8 grandes causas identificadas de desperdicios en obras, la de mayor incidencia es la de los Proyecto no Optimizados.

ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
(%del costo total de la obra)		
ITEM	DESCRIPCION	%
Resto de material	Resto de mortero Resto de ladrillo Resto de madera Limpieza Retirada de material	5.0%
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos Tarrajeo de paredes internas Tarrajeo de paredes externas contrapisos	5.0%
Dosificaciones no optimizadas	Concreto Mortero de tarrajeo de techos Mortero de tarrajeo de paredes Mortero de contrapisos Mortero de revestimientos	2.0%
Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Repintado Retoques Corrección de otros servicios	2.0%
Proyectos no optimizados	Arquitectura Estructura Instalaciones sanitarias Instalaciones eléctricas	6.05
Perdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5%
Costos debidos a atrasos	Perdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de la obra.	5.0%
	TOTAL	30.0%

Cuadro 5: Desperdicios Estimados en Edificaciones

Fuente: Flavio Picchi (1,993)

Alarcón y Mardones (1,998), en un estudio realizado en 4 proyecto de una empresa constructora de chilena, identificaron los diferentes problemas presentados en la interfase diseño – construcción, llegando a la conclusión que los mas frecuentes eran los relativos a la falta de detalles, especialmente en los planos de estructuras, planos de arquitectura y a la incompatibilidad entre las mismas.

La figura siguiente, nos muestra el resumen de estas estimaciones, lo cual refleja un bajo nivel de comunicación entre los proyectistas y poco conocimiento de los procesos constructivos.

Nº	DEFECTOS DE DISEÑO	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales	13.97
2	Falta de planos detallados en arquitectura	12.78
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades	11.59
4	Cruce de información incorrecto con estructuras.	8.17
5	Falta de definición de elementos de arquitectura.	6.54
6	Modificaciones en los planos de estructura.	6.39
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24
8	Falta de identificación y ubicación de los elementos de arquitectura	5.65
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75
10	Problemas con los ejes.	4.46
11	Defectos de diseño en el desague	4.16
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura.	3.12
13	Cambios de diseño de propietario.	3.12
14	Defectos de diseño electrico.	2.97
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura.	1.93
16	Defectos en los diseños de concreto armado	1.49
17	Problemas con los equipos electricos.	0.89
18	Estructura de los equipos.	0.59
19	Problemas con los materiales en el mercado.	0.45
20	Convención de símbolos.	0.45
21	Defectos en los diseños de gas.	0.30
	TOTAL	100%

Cuadro 6: Efecto de diseño

Fuente: Alarcón y Mardones (1,998)

En entrevistas realizadas en 65 obras de edificación de viviendas a ingenieros residentes y maestros de obras en Lima, en una tesis de la PUCP actualmente en proceso concluye que el 73% de los entrevistados percibe que el diseño tiene una gran influencia en la productividad de la obra y el 66% de los Ing. Residentes califican el grado de eficiencia de los proyectos que actualmente se realizan en Lima, como de regular a deficiente (J. Carlos Vasquez 2005).

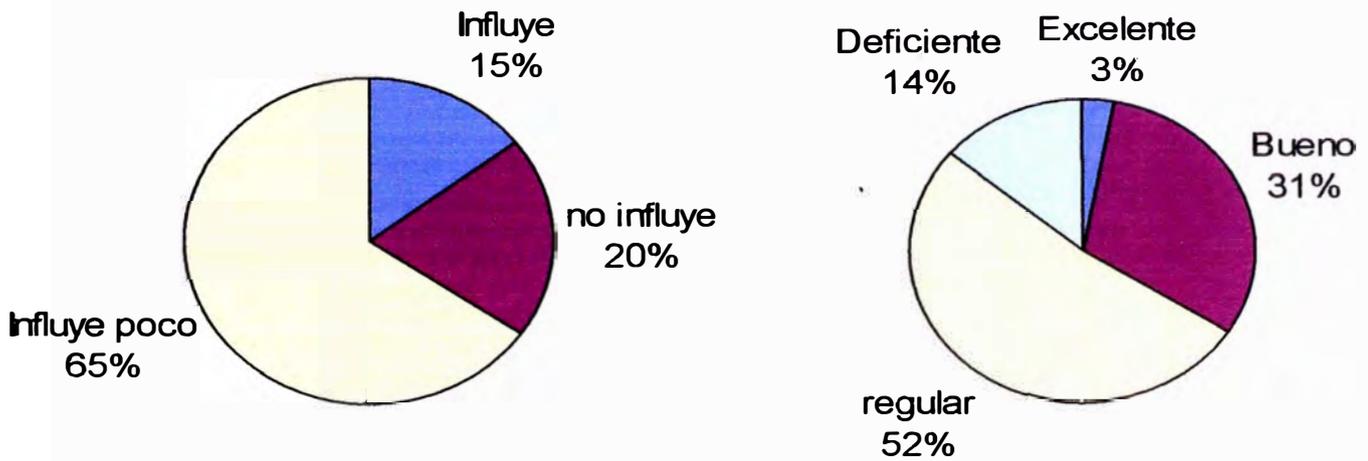


Fig. 12: Influencia del diseño en la productividad y grado de eficiencia de los proyectos
Fuente: (J. Carlos Vásquez 2005)

Asi mismo, la figura siguiente nos muestra que dentro de las principales deficiencias, el primer lugar lo ocupa las incompatibilidades de planos entre especialidades que dan origen a esperas, replanteos, desperdicios y reprocesos (J. Carlos Vasquez 2,005, tesis).

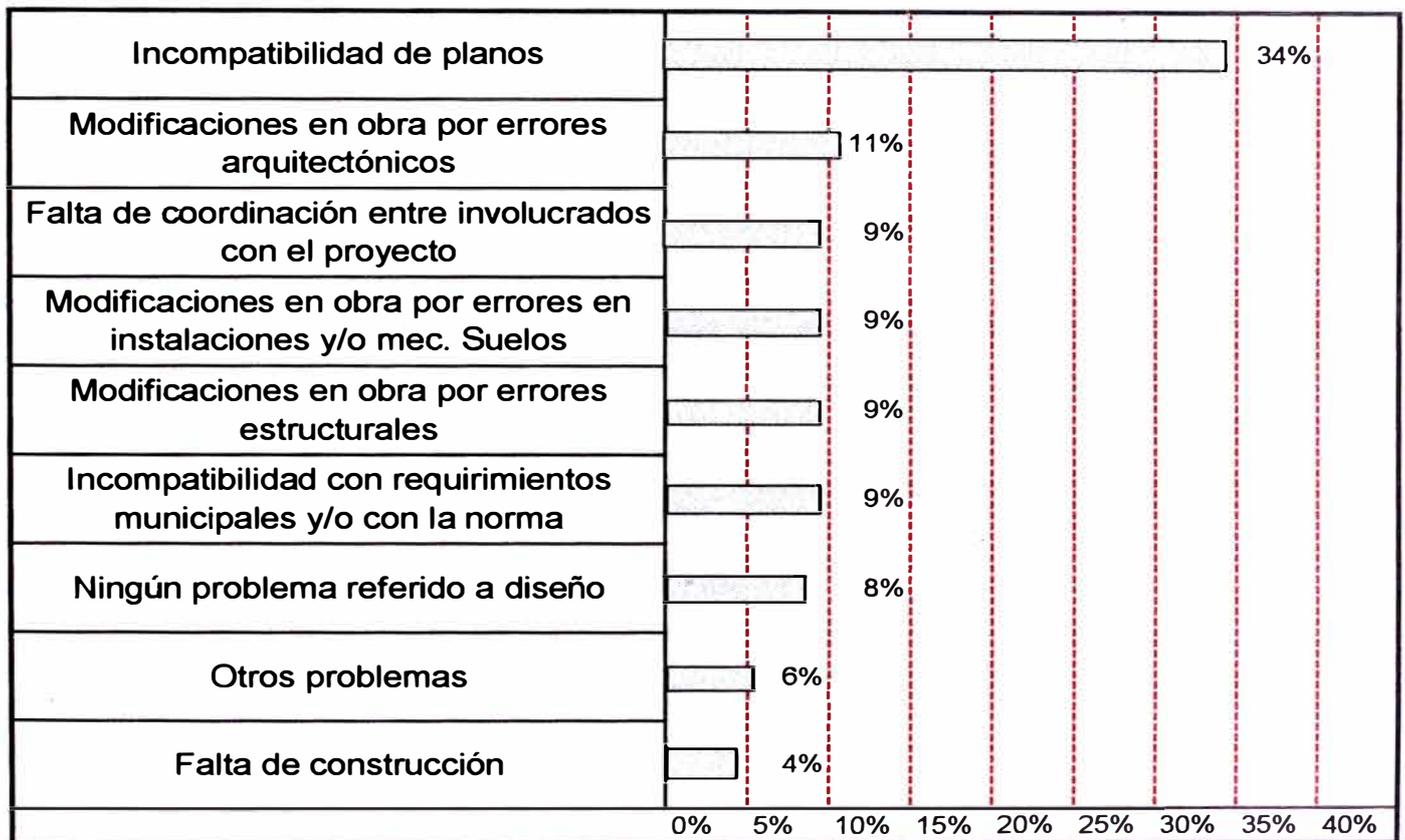


Fig. 13: Mayores problemas que ocurren durante una obra debido a un mal diseño del proyecto.
 Fuente: (J. Carlos Vásquez, 2,005).

1.4.2 CARACTERIZACIÓN DE DESPERDICIOS

Taiichi Ohno determinó los siete desperdicios básicos de la producción:

- 1.- Defectos
- 2.- Exceso de producción
- 3.- Transporte
4. Movimientos
5. Esperas
6. Inventarios
7. Procesos innecesarios

1.- Defectos

Un defecto es una imperfección en algo o la carencia de alguna cualidad propia de algo. Los defectos dan lugar a tiempo adicional, materiales, energía y costos de mano de obra.

No sólo cuenta evitar los errores en la obra terminada, sino también durante el proceso. Es esencial lograr la calidad a la primera, evitando procesos correctivos que llevan a la pérdida de materiales y horas hombre, además de costos financieros por la extensión de los plazos para la terminación de la obra.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Cuál es el porcentaje de defectos?
- ¿Hay razones comunes para estos defectos?
- ¿Hay problemas en las maquinarias, herramientas o técnicas utilizadas?
- ¿Las especificaciones satisfacen los requerimientos del consumidor?
- ¿Estamos aplicando modalidades estándares de trabajo?
-

Para corregir:

- Los defectos producen desperdicios porque deben ser corregidos.
- Para prevenir el desperdicio, los trabajadores deben aplicar los principios de calidad durante la construcción.
- La inspección continua de los trabajos por parte de ingenieros y supervisores es esencial para eliminar el desperdicio.

2.- Exceso de producción

Exceso de producción quiere decir que se produce más de lo que es requerido para satisfacer la demanda del consumidor o se produce a un ritmo más rápido del necesario. Y da lugar a otros problemas y defectos, fluctuaciones de la carga de trabajo e ineficiencia de producción.

Las causas del exceso de producción se deben a que las máquinas y los trabajadores tienen un exceso de capacidad y emplean este exceso de capacidad para producir un exceso de producto.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- Es la producción más rápida o más lenta del Takt Time?
- ¿Está la producción basada en cuotas?
- ¿Existe una falta en el sistema "Pull"?
- ¿Es correcta la demanda del consumidor?

El Takt Time representa la tasa de demanda del consumidor y viene usada para sincronizar la tasa de producción con la tasa de venta.

Numéricamente es la cantidad de productos diarios requeridos para satisfacer la demanda, dividido entre el número de horas trabajadas durante el día.

Para corregir:

- El desperdicio en el uso de materiales, equipo y mano de obra es causado por un planeamiento incorrecto.
- Para prevenir el desperdicio es fundamental una reunión para discutir los métodos de construcción, antes de empezar las actividades.
- Además, los métodos deben ser controlados diariamente en el campo.

3.- Transporte

El transporte es un elemento fundamental de producción, dado que afecta el suministro de todos los materiales y partes. Transportar los bienes más allá de lo necesario, reubicarlos o moverlos temporalmente es desperdicio.

En las actividades de construcción, el doble manejo de los materiales constituye uno de los gastos más consistente en la gestión de los materiales.

Actualmente, el uso de moto elevadores, plumas elevadoras y grúas corredizas permiten un traslado más rápido y seguro del material, incrementando radicalmente los índices de productividad.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Hay repuestos/suministros removidos y almacenados en el inventario provisionalmente?
- ¿Ha sido optimizada la distribución?
- ¿Ha sido implementado un sistema "Pull"?
- ¿Es la producción de la maquinaria flexible?

Para corregir:

- Acarrear y mover los materiales en el campo requiere de mucho tiempo.
- Para prevenir el desperdicio, hay que definir reglas precisas y estrictas para que los materiales vengan entregados a las ubicaciones correctas en el tiempo requerido,
- hay que minimizar las líneas de flujo de los trabajadores y de los materiales.

4.- Movimientos

Pasos adicionales, datos extras constituyen movimientos no necesarios que causan desperdicio. Estos desperdicios son generadores de baja productividad, cansancios físicos, enfermedades y son causas de accidentes.

Este tipo de desperdicio puede ser creado por una distribución ineficiente de las maquinarias o herramientas, que obligan a los trabajadores a caminar o inclinarse más de lo necesario. Para ellos, es fundamental la aplicación de los estudios ergonómicos como así también de un estudio de la disposición física de los elementos e instrumentos a utilizar.

Un típico caso en la construcción puede ser la ubicación de una sierra eléctrica en un edificio, que requiere que un trabajador baje del quinto piso al primer piso para cortar la madera.

Un buen ejemplo de aplicación de estos conceptos son los alargadores periscópicos utilizados para las tareas de pintado en lugar de la utilización de las escaleras. La utilización de dichos alargadores implica un pintado más rápido, y con menores riesgos para el personal.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Podemos reducir la distancia a caminar?
- ¿Podemos reducir los movimientos del cuerpo durante ciertas actividades?
- ¿Puede el lugar de trabajo beneficiarse de una organización celular?
- ¿Existe un programa 5S?
- ¿Estamos aplicando modalidades estándares de trabajo?

Para corregir:

- Para prevenir este desperdicio, hay que analizar de manera detallada las varias operaciones.
- Estudiar una distribución eficiente de los lugares de acopio en la obra.
- Calcular la cantidad de herramientas requeridas y estudiar la ubicación más eficiente en la obra.

5.- Esperas

La espera para cualquier cosa – personal, material, equipo o información es desperdicio. Espera quiere decir tiempo inutilizado y causa el paro del flujo del trabajo.

Cuantas veces, en las actividades de construcción, los obreros o la maquinaria, están parados porque los supervisores no han dado las instrucciones a los trabajadores o están solucionando problemas de diseño. La aplicación de algunas herramientas del Lean Production pueden ayudar a mitigar la situación:

SMED (SMED es el acrónimo de Single Minute Exchange of Die (cambio de herramienta en pocos minutos). Este concepto introduce la idea que, en general ,cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de diez minutos)

TPM (Total Production Maintenance) - para evitar la pérdida de tiempo en reparaciones.

JIT (Just-in-Time) - para evitar la ausencia de material.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Podemos hacer algo más durante los períodos de espera?
- ¿Estamos aplicando modalidades estándares de trabajo?
- ¿Ha sido aplicado un sistema “Pull”?
- ¿Existe una gran diferencia en los tiempos de transporte?
- ¿Es el diseño del proceso eficiente?
- ¿Existe mucha variabilidad en la producción?

Para corregir:

- Las esperas se producen cuando se transfiere el trabajo a las actividades sucesivas.
- Para reducir el desperdicio, se necesita aplicar los principios del JIT y utilizar trabajadores con habilidades múltiples, de manera que puedan continuar con el paso sucesivo del flujo.

6.- Inventarios

El almacenamiento de cualquier cosa es desperdicio. El inventario requiere de tiempo, puede afectar la seguridad, requiere una inversión de capital y puede volverse obsoleto si cambian los requisitos del trabajo.

La utilización del kanban, sumado a la contratación de proveedores especiales, permite trabajar con la cantidad justa de materiales a utilizar en la obra. De esta manera se evitan los costos o pérdidas, debidos a la custodia de los materiales, a las pérdidas por humedad o factores climáticos y al mantenimiento y manipulación de los mismos.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Existen colas de esperas (queues) en algún lugar?
- ¿Estamos comprando o fabricando en cantidades mayores de lo que requiere el consumidor?
- ¿Cuál es la cantidad de inventario obsoleto?

Para corregir:

- Para prevenir un inventario innecesario, los materiales y los equipos requeridos deben ser suministrados a las diferentes ubicaciones de la obra Just in Time (cuando requeridos).

- De esta manera, el espacio requerido para el almacenamiento de materiales y equipos así como el desperdicio del movimiento para buscar los materiales y equipos en stock vienen eliminados.

7.- Procesos innecesarios

Utilizar más trabajo o aplicar un esfuerzo mayor de lo que es requerido por el consumidor es desperdicio.

Un procesamiento excesivo no aporta valor para el consumidor y éste no pagará por este esfuerzo extra.

Un ejemplo típico en la construcción es la compactación.

- Las especificaciones requieren lograr el 95% del ensayo Proctor.
- Las mediciones de la densidad revelan que hemos logrado el 98%, es decir un exceso del 3%. Un 3% más, quiere decir más gastos de equipo, de mano de obra y de materiales. Hemos trabajado para la gloria y el Cliente nunca pagará para estos gastos adicionales.

Para mejorar, debemos preguntarnos:

- ¿Cuál es la función básica de este procedimiento o elemento?
- ¿Es el diseño del proceso eficiente?
- ¿Son las especificaciones del proceso o la maquinaria utilizadas correctas?
- ¿Hemos bien entendido los requerimientos del consumidor?

Para corregir:

- Para prevenir este desperdicio, hay que analizar de manera detallada las varias operaciones.
- Implementar las especificaciones del proceso así como definido.
- Supervisar que las cuadrillas operen como lo planeado.

1.4.3 PRINCIPIOS DE REDUCCIÓN DE COSTO.

Las compañías no se dan cuenta que sólo una mínima parte de sus actividades aporta valor, mientras que la mayoría está constituida por actividades que no aportan valor, es decir **desperdicio**. Para lograr el nivel óptimo, una compañía debe operar a un nivel del 60% de actividades que aportan valor.

Los gerentes están bajo presión para reducir los costos, mientras que deben mantener los estándares más altos de calidad. El sistema tradicional requiere que el precio venga calculado determinando los costos y adicionando un margen de utilidad. Sin embargo, hoy en día, el mercado es tan competitivo, que prácticamente es el consumidor que establece el precio. Los gerentes no pueden darse más el lujo de adicionar un margen de utilidad, en estas circunstancias, la única manera de permanecer rentable es eliminar el desperdicio y por tanto reducir los costos; Esto se conoce como el principio de la reducción de los costos.

Dicho principio afirma que:

- El consumidor determina el precio que está dispuesto a pagar.
- El productor determina el propio costo dependiendo de la cantidad de desperdicio que está dispuesto a tolerar.
- Lo que queda es la utilidad del productor.

En otras palabras, la eliminación del desperdicio es el medio primario para maximizar las ganancias.

1.5.0 PRODUCTIVIDAD.

Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. Es una medida del progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes(productos) y/o servicios.

Una aproximación a la definición de productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado. De una manera mas amplia, podemos definir la productividad en la construcción como "la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado" (Serpell, 1999).

PRODUCTIV. TOTAL =	$\frac{\text{Producción total}}{\text{Suma de todos los recursos (materiales+equipos+mano de obra)}}$
--------------------	---

El logro de la productividad involucra entonces la eficiencia y la efectividad, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si ésta presenta problemas de calidad.

El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad, como puede verse en la siguiente figura:



Fig. 14: Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad

Un sistema productivo como la construcción, se caracteriza por la transformación de insumos y recursos en productos deseados, los principales son los siguientes:

- Materiales
- Mano de obra
- Maquinarias, herramientas y equipos
- Información

Clases de Productividad

Se puede hablar entonces de diferentes clases de productividad en la construcción, de acuerdo con los recursos considerados:

- Productividad de los materiales, por su costo es importante evitar los desperdicios

- Productividad de la mano de obra, factor fundamental ya que normalmente es el recurso que fija el ritmo de trabajo de la construcción , del cual depende la productividad de otros recursos

- Productividad de la maquinaria, muy importante por el alto costo que representa, por lo tanto es necesario racionalizar su uso en los proyectos, evitando tiempos muertos.

1.5.1 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.

Existe gran cantidad de factores que afectan de diferentes formas la productividad en los proyectos de construcción. El profesional encargado de la administración de la obra, debe conocer cuales de ellos son positivos y cuales negativos, para actuar sobre los últimos y disminuir o eliminar su efecto.

Algunos factores con incidencias negativas sobre la productividad en proyectos de construcción, son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo

Hay dos tipos de factores que la afectan

- **Cantidad de Trabajo Productivo:**

Mientras mayor sea el Porcentaje de TP (trabajo productivo), mejor es la Productividad

- **Calidad del Trabajo Productivo**

Para una cantidad de recursos determinados, mientras mayor sea la producción obtenida durante el TP, mejor es la Productividad.

1.6.0 VARIABILIDAD

Es la ocurrencia de eventos distintos a los previstos, una realidad de la vida y esta presente en todos los Proyectos, y se incrementa con la complejidad y velocidad de los mismos

Dos tipos son su origen: Inherente y Externo, la cual no es posible desaparecerla, pero si:

- Reducirla
 - Minimizar su impacto
- } MANEJAR LA VARIABILIDAD.

Consideremos el proceso de correr 100 m libres por parte de un atleta. En principio cada carrera representa una repetición de ciertos pasos del proceso: precalentamiento, colocación en los tacos de salida, la salida en aceleración, mantenimiento de la velocidad, etc. La evidencia nos indica que, a pesar de que se intenta repetir todos los pasos en forma idéntica, el resultado no es el mismo en todas las carreras. Esta variación en el "producto" (resultado de la carrera en nuestro ejemplo) recibe el nombre de variabilidad y está presente en todo proceso real, de modo que no se puede predecir con exactitud el resultado de una carrera antes de que ésta se celebre. Ello no significa que la variabilidad no se pueda medir. En nuestro ejemplo, sí suele ser posible saber el tiempo aproximado en que acostumbra a correr la prueba el atleta en cuestión, o con qué frecuencia corre por debajo de 10,2 seg por ejemplo, ya que no hay que confundir la variabilidad con ausencia total de regularidad.

En la vida real, casi siempre hay que tomar decisiones en presencia de "ruido" o variabilidad, y es la estadística la disciplina especializada en el tema.

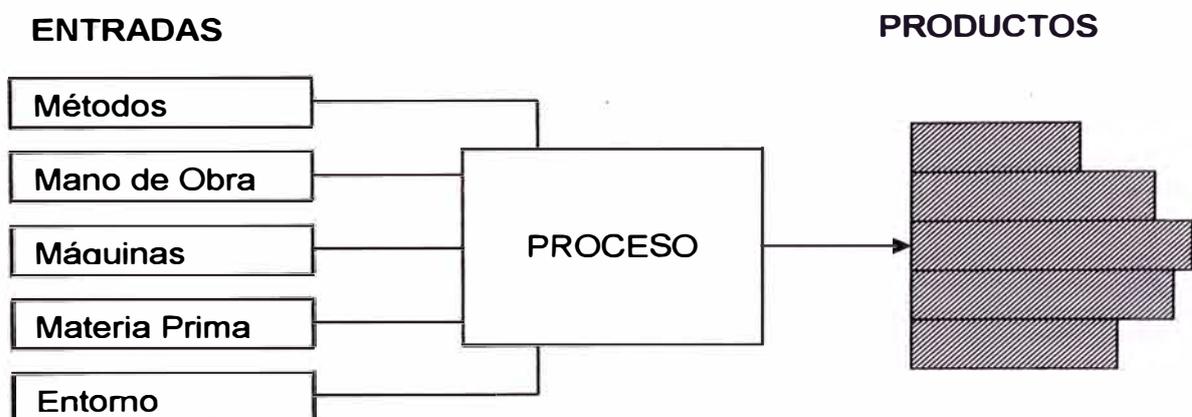


Fig. 15: Esquema de Entradas y Productos

1.7.0 CONFIABILIDAD

La Confiabilidad, elemento que permite asegurar los factores claves anteriores a lo largo del tiempo y por lo tanto asegura la competitividad; obtener Confiabilidad sólo es posible con una correcta operación y mantenimiento.

En el afán de lograr tener organizaciones de mantenimiento mas competitivas, que obedezcan a los interés de la empresa, los responsables de mantenimiento están usando la palabra CONFIABILIDAD, DESCONOCIENDO SU CONTEXTO.

Existen diversas técnicas de mejoramiento en la confiabilidad de los activos y se ha venido desarrollando un bombardeo de publicidad con el uso de esta palabra: Cultura de Confiabilidad, Confiabilidad operacional, Solo Confiabilidad y RCM, Factores Universales para determinar la confiabilidad, Congresos de Mantenimiento sobre Confiabilidad, Logrando una confiabilidad de Clase Mundial, entre otros. Se volvió la palabra de moda, la pregunta es "¿los responsables de mantenimiento conocen concientemente la **técnica** escogida para lograr y tener empresas con prácticas de excelencia que tienen un óptimo programa de Confiabilidad"?

La confiabilidad de un Plan de Trabajo esta representada por la precisión para predecir lo que será ejecutado

Ejm:

Si un Plan de Trabajo para una semana contiene 10 tareas, y al final de la semana sólo se han cumplido 5, entonces el Plan fue 50% confiable

PPC = 50%

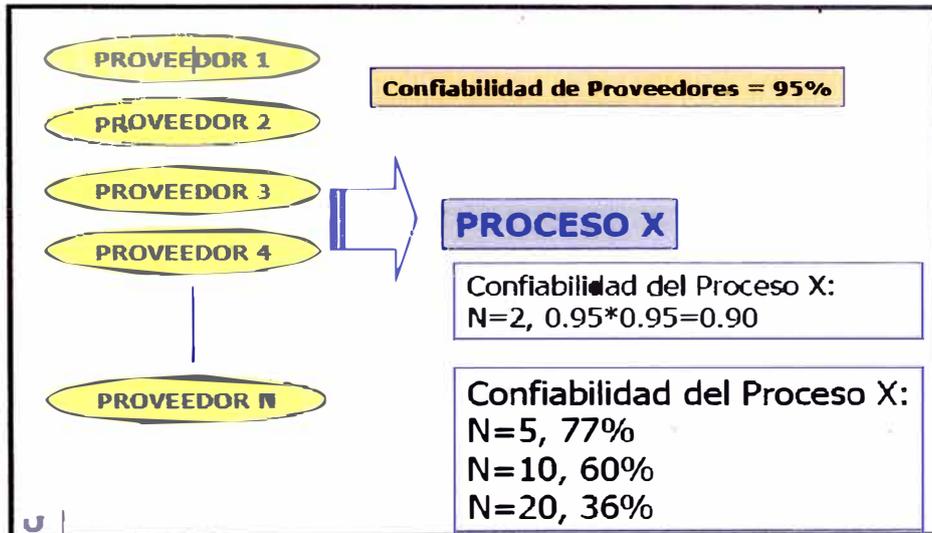


Fig. 16: Esquema de Ejemplo de confiabilidad

CAPITULO II:

ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Buena Productividad se consigue: primero obteniendo una confiabilidad alta = Reducir las interrupciones en el Flujo = Manejando la Variabilidad (Uso de Buffers, Planeamiento y Programación, Mapeo de Procesos); luego reduciendo recursos o aumentando producción (optimizando procesos).

2.1.0 ANÁLISIS DE PROCESOS PRODUCTIVOS.

Simplificación de métodos de trabajo

1. Escoger el trabajo que hay que estudiar.
2. Analizarlo detalladamente, más ó menos a fondo según el objetivo buscado.
3. Pasar cada uno de sus elementos por el tamiz de una crítica metódica.
4. Elaborar un modo operatorio más eficaz, sintetizando los resultados del análisis y la crítica.
5. Y por último, llevarlo a la práctica y observar sus resultados.

Condiciones precisas de ejecución de cada una de ellas

A la pregunta ¿qué?, corresponde la descripción de la etapa constructiva considerada.

A la pregunta ¿dónde?, precisa el sitio donde se ejecuta la máquina utilizada y el lugar de trabajo.

La respuesta a ¿cuándo?, fija la posición exacta de la etapa constructiva, en el ciclo de construcción y determina el hecho que origina dicha etapa (por la conclusión de las etapas que la preceden, por contar con el material necesario para la construcción del producto).

El ¿quién?, nos conduce a anotar las cualidades que necesita poseer el obrero que ejecuta el trabajo: calificación, habilidad, experiencia, fuerza física, etc.

Por último, el ¿cómo?, recuerda la necesidad de anotar el modo operatorio utilizado. Dicho adverbio engloba varias preguntas suplementarias que varían según el tipo de etapa que se considera.

Criticar cada uno de los detalles del análisis

El hecho de que un trabajo se haga de cierta manera, establecida, quizás desde hace muchos años no significa obligatoriamente que sea la mejor. Es más, ¿no podemos preguntarnos, a priori, si dicho trabajo es realmente necesario? En estas condiciones sobre cada uno de los detalles anotados hay que formularse sistemáticamente las cinco preguntas de la que ya hemos hablado, en el mismo orden, pero haciéndolas seguir de la pregunta:

¿Por qué?-¿Es necesario, es indispensable hacerlo?

¿Qué?-¿No es ello consecuencia de un error precedente?

-¿Qué ocurre con el producto (cimiento, columna, viga, etc.)?, ¿Aumenta su costo? ¿Mejora su calidad?

-Tener en cuenta únicamente las necesidades presentes y futuras (no las pasadas) ¿Dónde? ¿Es el mejor sitio?

-Consultar plano, circuito ó camino seguido por el material, distancias, facilidades y medios de transporte, posición de los aprovisionamientos.

-¿Sería ventajoso reubicar al obrero, los materiales ó las herramientas?

-Se puede mejorar la ejecución de dos, tres ó más trabajos que se realizan simultáneamente para la construcción de un mismo producto?, Cuándo? -Es el momento adecuado?

-¿Porqué en dicho momento y en dicho lugar?

-¿No sería ventajoso cambiar el orden de las operaciones (antes, después, combinándolas)?

-¿No podría utilizarse un tiempo muerto ó perdido?

¿Quién?-¿Quién ejecuta el trabajo?

-¿Es precisamente el obrero indicado?

-¿Tiene todas las cualidades requeridas? (aptitudes, calificación, entrenamiento, habilidad, experiencia?)

-¿No podría dicho trabajo ejecutarlo igualmente bien otro obrero de calificación inferior, modificando en caso necesario el lugar de trabajo?, ¿Cómo?-¿Cómo podría hacerse mejor?

-¿Equipo? ¿Posición de los materiales y dispositivos de sujeción?

¿Herramientas?, ¿Importancia de los desperdicios ó materiales estropeados?

Esta pregunta conduce con frecuencia a examinar muy cuidadosamente el lugar de trabajo y el modo operatorio para estudiar posibles modificaciones:

¿Mejorar abastecimientos y utilización de material excedente? ¿Dispositivos ya utilizados en otro sitio y que pueden adaptarse a este? ¿Fatiga? ¿Seguridad? ¿Movimientos? (utilidad y amplitud). ¿Superficie normal de trabajo? ¿Disminución de las distancias que han de recorrer el cuerpo o los miembros? ¿repartir el trabajo entre las dos manos? ¿Posibilidad de usar pedal?

Diagrama de Procesos Constructivos

Es corriente por su utilidad, recoger la información en tablas ó gráficos. Los métodos que se emplean para apreciar de una ojeada, el conjunto de un proceso ó de una operación se describirán con detalle en este documento. Claro está, que todos estos métodos no han de ser utilizados en un mismo trabajo.

Símbolos Empleados en los Diagramas.-

Hace muchos años, Gilbreth ideó una serie de cuarenta símbolos que empleó para hacer los diagramas del proceso”.

En la actualidad la OIT nos recomienda que “para hacer constar en un diagrama todo lo referente a un trabajo u operación resulta mucho más fácil emplear una serie de cinco símbolos uniformes, que conjuntamente sirven para representar todos los tipos de actividades ó sucesos que probablemente se den en cualquier obra.

Operación.-

Indica las principales fases del proceso, método ó procedimiento. Existe operación cuando se produce: Una alteración en el producto ya sea física ó química, se prepara una operación subsiguiente, se facilita ó recibe información de cálculos y planes, el objeto se monta ó desmonta.

Ejemplos: vaciado de concreto en zanjas. encofrado de una viga. preparar un mortero. asentado de ladrillos Armado de vigas, etc.

Inspección.-

Indica que se verifica la calidad, la cantidad ó ambas

Ejemplos: Aplomar un elemento, recepción de un material, verificar altura de zanjas, control de dosificación de mezclas de concreto. verificar niveles, etc.

Transporte.-

Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro dentro de la obra.

Ejemplos: Transporte vertical y horizontal del ladrillo, traslado de mezcladora, izaje de elementos prefabricados, transporte de mezcla en buggies ó latas concreteras, etc

Demora.-

Indica demora en el desarrollo de los hechos, por ejemplo: trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas ó abandono momentáneo, no registrado, de cualquier elemento hasta que se necesite.

Ejemplos: Espera del abastecedor de agregados al regreso de la tolva, espera que hace el albañil al abastecimiento de ladrillo ó mezcla, espera de la cuadrilla de recibidores al abastecimiento de mezcla de concreto, etc.,

Almacenamiento.-

Indica depósito de un elemento u objeto, bajo vigilancia en un almacén, donde se le recibe ó entrega mediante alguna forma de autorización ó donde se guarda con fines de referencia.

Ejemplos: De cemento de tuberías, de accesorios, de cerrajería, etc.

Actividades combinadas.-

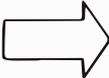
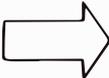
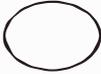
Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo ó por el mismo operario en el mismo lugar de trabajo, se combinan los símbolos de tales actividades.

Ejemplos: Nivelación de ladrillo guía (inspección y operación), vaciado de columnas (transporte y operación).

Diagrama de Proceso

Representan gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo. Generalmente el diagrama se inicia con la entrada del material en la obra, siguiéndolo a través de todas las fases, tales como transporte al almacén, inspección, traslado al lugar del trabajo, transporte y colocación final como parte integrante de un producto (cimentación, muro de concreto, columna, viga, etc.).

El diagrama puede ser utilizado desde luego, para recoger el proceso a través con una ó varias fases

DISTANCIA	SIMBOLO	DESCRIPCION	
		Espera mezcla de materiales en tambor mezcladora	El obrero espera la mezcla de los materiales en el tambor de la mezcladora
2		Se dirige con el boogie a situarse bajo la canaleta	Terminado el tiempo de mezclado el obrero transporta 2 mt el boogie para recibir el concreto
		Coloca el boogie bajo canaleta y recibe carga del concreto	Esta es una operación
21		Se dirige hacia la viga cimentación	Transporta 21m el boogie con concreto desde la mezcladora hasta la viga
		Descarga el concreto en viga de cimentación	Esta es otra operación

Número de esperas		1
Número de operaciones		2
Número de transportes		2
Distancia total recorrida en mt.		23

Fig. 16: Diagrama de proceso del traslado de concreto desde la mezcladora a una viga de cimentación

Diagrama de Recorrido

Se obtiene una mejor visión del proceso dibujando las líneas de recorrido en un esquema del área ó zona en que tiene lugar la actividad.

Indicando la ubicación de la maquinaria, el producto (cimiento, muro de concreto, etc.), el almacén de materiales, etc.

Empleando los símbolos de operación, transporte, espera, inspección y almacenaje.

2.2.0 PLANEAMIENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.

Son variados y similares los enfoques respecto al proceso de planificación, programación y control de la producción, estos han sido tratados por diversos autores. Sin embargo en el capítulo I se mencionó el sistema del Ultimo Planificador, herramienta del cual se profundiza en esta Tesis y del cual se muestra a continuación su sistema del control.



Fig.17: Diagrama del sistema de control de la producción del Ultimo Planificador

En resumen del capítulo I, un punto clave en el funcionamiento de un Sistema de Planificación en el nivel de unidad de producción es su calidad de salida; esto es la calidad de los planes producidos por el Último Planificador. Las siguientes son algunas de las características críticas de una asignación:

- Que la asignación esté **bien definida**.
- Seleccionar la **secuencia correcta** de trabajo.
- Seleccionar la **cantidad correcta** de trabajo.
- El trabajo seleccionado sea práctico para la cadena completa; esto es, puede ser hecho (en el tiempo deseado).

“**Bien definido**” significa que está descrito suficientemente para que cualquier actividad pueda ser preparada y su terminación inequívocamente determinada. “**La secuencia correcta**” es aquella secuencia compatible con la lógica interna del trabajo propiamente tal, compromisos del proyecto, objetivos, y estrategias de ejecución. “**La cantidad correcta**” es aquella cantidad que los planificadores juzgan de sus unidades de producción capaz de completar después de la revisión de costos del presupuesto y después de examinar el trabajo específico que puede ser realizado. “**Práctico**” significa que todo el trabajo previamente necesario está hecho y todos los recursos requeridos están disponibles.

Finalmente el patrón para el control de la producción que se detalla en esta tesis, es el porcentaje de actividades o planeaciones completadas: **PAC**, para ello se necesitará del resultado de los productos de la primera semana de construcción. En nuestro caso desconocido por tratarse de una obra por construirse.

El porcentaje de actividades completadas (PAC) es el número de actividades planificadas Completadas dividido por el número total de actividades planificadas, expresadas como porcentaje. El PAC se transforma en un patrón estándar para el control ejercido sobre la unidad de producción, derivado de un conjunto sumamente complejo de directrices: programas del proyecto, estrategias de ejecución, presupuestos, etc. Los proyectos de altos estándares de calidad, presentarán entonces mayores PAC, los que corresponden a realizar mejores trabajos con los recursos dados, detrás de un gran nivel de productividad.

2.3.0 HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL LEAN CONSTRUCTION.

1.-Planeamiento estratégico (a largo plazo y donde se definen las políticas y objetivos estratégicos), táctico (a nivel de Gerente de Operaciones o Producción, donde se establecen las herramientas de planificación a utilizar) y operativo(a nivel de Gerente de Proyecto asignado a una obra utilizando técnicas como la Estructura de Descomposición del Trabajo) Este item es aporte del suscrito.

2.-Justo a Tiempo (**Just in Time: JIT**) o política de Inventario Cero. Ideado por la Toyota alrededor de 1950, significa que debemos tener los materiales e insumos para las actividades que se desarrollan en la semana. Excepción para el caso de compra de ascensor, que en muchos casos demora un año para su fabricación y puesta en obra, así como la fabricación de vidrios templados, turbinas, generadores, etc, que se fabrican a pedido.

3.-Administración de la Calidad Total (**Total quality Management**) TQM. Aplicando las herramientas de la Calidad total, entre ellos los diagramas causa-efecto de Kaoru Ishikawa, diagramas de Pareto(Muchos triviales, pocos vitales) para detectar estadísticamente las fallas importantes del proceso. Los japoneses manifiestan que las fallas no son del personal o equipo, sino del sistema y específicamente el proceso.

4.-Tiempos basados en la Competencia (**Time based competition.**); es decir benchmarking interno y externo.

5.-Ingeniería concurrente (**Cocurrent engineering**). Significa el concurso de equipo de profesionales multidisciplinarios para resolver problemas específicos de diseño y construcción.

6.-Rediseño de procesos o reingeniería (Process redesign or reengineering). Es decir innovación tecnológica en busca de la excelencia.

7.-Administración basado en el Valor (**Value based management**). Se debe dar al producto(la obra) valores agregados, que no signifiquen mayores costos.

8.-Mantenimiento Productividad Total (Total productive maintenance(TPM)).
Control y mejoramiento continuo de la Productividad.

9.-Administración visual (Visual management).

10.-Compromiso del personal.(Employee involvement). Desarrollar políticas de **Empowerment**(Empoderamiento); es decir que ciertas decisiones pueden ser asumidas por personal de menor jerarquía.

11.Ingeniería simultánea; es decir sistema **fast track**, donde la Ingeniería, la procura)(logística especializada) y la construcción se realizan simultáneamente, con los lógicos desfases. La Ingeniería simultánea es afin a la Ingeniería concurrente. Ambas abarcan tanto la administración, empleados, proveedores y clientes (los involucrados o stakeholders) desde la idea, anteproyecto, proyecto, ejecución, puesta en marcha y mantenimiento.

12.-Outsourcing.-Política clara de subcontratos(agregado por el suscrito).

13.-Seguridad Total de las Obras,(agregado por el suscrito) a través de charlas de inducción y posteriormente charlas diarias de 5 a 10 minutos antes de empezar las tareas.

14.-Programación basada en los flujos y conversiones, empleando las redes operacionales o flujogramas y los métodos heurísticos como el ritmo constante, método de las cadenas o método ruso; método de los trenes de trabajo o método ferrocarril o chemin de fer, donde las tareas no tienen holgura.

14.-**Control**(agregado por el suscrito) basado en la curvas S y la teoría del Valor Ganado o Costo Presupuestado del Trabajo Realizado(CPTR).

13.-**Constructabilidad**(agregado por el suscrito), definida por la Construction Industry Institute(CII) en 1987 como “ El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en el planeamiento, adquisiciones y manejo de operaciones de construcción”. El objetivo es construcción con eficiencia (optimización e innovación de los procesos, logrando una reducción del tiempo

de respuesta de las transacciones) y eficacia (optimización e innovación del producto: la obra, logrando satisfacción en el cliente). La suma de la eficiencia y la eficacia se denomina efectividad empresarial. La CII de Australia, dio las siguientes pautas para una estrecha cooperación entre clientes, proyectistas y constructores:

- 13.1 Integración con el Proyecto (Todas las especialidades deben coordinar y realizar planos integrados)
- 13.2 Conocimiento y experiencia en construcción del personal dirigente.
- 13.3 Habilidad de la mano de obra adecuada al proyecto, experiencia probada.
- 13.4 Objetivos corporativos por encima de intereses particulares o de grupo.
- 13.5 Disponibilidad de recursos en el tiempo oportuno.
- 13.6 Análisis de factores externos(Amenazas y Oportunidades).
- 13.7 Planeamiento del Proyecto apropiado como Planeamiento Genérico, luego Programa de las 3 semanas(Look Ahead Planning) y Planeamiento del último Programador(Last Planner).
- 13.8 Métodos constructivos adecuados.
- 13.9 Análisis de viabilidad en las etapas de diseño y ejecución.
- 13.10 Especificaciones, claras y fundamentadas.
- 13.11 Innovaciones tecnológicas durante la construcción.
- 13.12 Retroalimentación(feed-back) del proceso. Alguien dijo que la retroalimentación es el desayuno de los ganadores.

2.4.0 BENCHMARKING

Proceso continuo y constante de medir productos, servicios y prácticas contra aquellas organizaciones reconocidas como líderes (mejores prácticas), con el propósito de realizar mejoras organizacionales.

Puede concretarse a nivel interno (entre distintas áreas de la misma organización), competitivo (empresas del mismo rubro) o funcional (entre empresas disímiles).

Desarrolla ventajas competitivas a partir de la adaptación de las mejores prácticas existentes y permite diagnosticar, medir, comparar y evaluar los servicios, procesos, etc., facilitando el aprendizaje sobre uno mismo y los demás.

APLICACIÓN.-Conocer los propios procesos de la Empresa. Identificar las buenas prácticas en otras empresas similares. Entender los principios de estas buenas prácticas. Adaptar las buenas prácticas a la realidad de la Empresa.

EJEMPLO.-La introducción de procedimientos para nivelar y ejecutar losas de concreto (contrapiso cero). Introducción de sistema de formas con estructura metálica o de aluminio fundido. Introducción de rutinas de mapeo de riesgos en la obra.

Ejemplo de Benchmarking interno

- Actividad de Proyecto modelo: Tarrajeo cielo raso-Cuadrilla de trabajo: 2Operarios+1Peón
- Producción diaria: 20 m² en jornada diaria de 8 horas.
- Resultados reales
- Cuadrilla diaria de trabajo: 4Op+2 Pe
- Pr=Productividad Real
- IP=Indice de Productividad
- Rr=Rendimiento Real
- IR=Indice de Rendimiento
- Pb=Productividad Base(Producción/ Jornada * N° Hombres
- $Pb=20m^2/8Horas*3Hombres$
- $Pb= 0.83 m^2/HH$
- Rb=Rendimiento base (Jornada * N° Hombres/Producción)

- $R_b = 8 \text{ Horas} \times 3 \text{ Hombres} / 20 \text{ m}^2$
- $R_b = 1.20 \text{ HH/m}^2$
- $Pr(1er \text{ día}) = 32 \text{ m}^2 / 8 \text{ Horas} \times 6 \text{ Hombres}$
- $Pr = 0.67 \text{ m}^2 / \text{HH}$
- $R_r = 1 / 0.67 \text{ Rr} = 1.50 \text{ HH/m}^2$
- $IP(1 \text{ día}) = 0.67 / 0.83 \text{ IP} \quad (1 \text{ día}) = 0.81$
- $IR(1 \text{ día}) = 1.50 / 1.20 \text{ IR} \quad (1 \text{ día}) = 1.25$

Día	Producción	Pr	IP	Rr	IR
1	32	.67	.81	1.50	1.25
2	36	.75	.90	1.33	1.11
3	40	.83	1.00	1.20	1.00
4	42	.88	1.06	1.14	0.95
5	44	.92	1.11	1.09	0.91
6	44	.92	1.11	1.09	0.91

Fig. 18: Ejemplo de Benchmarking interno

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado; tenemos que encontrarlo en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

Los pasos básicos del Benchmarking son los siguientes (Camp 1989):

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocesos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

Una metodología detallada para el Benchmarking ha sido presentada extensamente por Robert Camp (1989).

2.5.0 CONSTRUCTABILIDAD.

Concepto de Constructabilidad

Es una práctica muy eficiente para lograr mejoramientos en la gestión de proyectos de construcción, práctica que captura los conocimientos operacionales no sólo para aplicarlos en la etapa de la construcción, sino sobre todo para aprovecharlas en etapas más tempranas y de niveles estratégicos como en las etapas de planificación y de diseño.

Esta práctica que puede ser convertida a metodología, en inglés se conoce como "Constructability" y también se encuentra en la bibliografía como "Constructibility", términos que han sido traducidos igualmente al español como "Constructabilidad" (V. Guio 1,997) o como "Conructibilidad" (A. Serpell 1,993), en este artículo usaremos la primera de estas denominaciones.

En 1,986 el C.I.I (Construction Industry Institute), definió la Constructabilidad como: "El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción".

En proyectos de construcción que se realizan por licitación o por concurso, generalmente el constructor recibe los planos de ingeniería de detalle y todas las especificaciones técnicas pertinentes, el postor realiza los metrados y sus presupuestos, una vez ganada la obra, entregado el terreno y con el personal ya movilizado, la puesta en práctica de la constructabilidad se ve limitada a optimizar algunos procesos constructivos concernientes a esta etapa.

Es frecuente ver en las casetas de obra los ploteos del Primavera o del Microsoft Project, con planificaciones muy detalladas de recursos y tiempos, pero tendríamos que preguntarnos ¿Cuánto se ha participado al personal de obra de estos cuadros de programación, es decir, ha habido alguna coordinación o retroalimentación de los maestros de obra, los capataces, los jefes de grupo o muchas veces el mismo residente?, el Lean Constructtion denomina a esto la teoría del Ultimo Planificador ("Last Planner"), que si bien es imprescindible para hacer programaciones a corto plazo ("Look Ahead Planning"), es también parte del conocimiento práctico que puede ser llevado a la etapa de planificación, para que aquello que está ploteado y que es lo que queremos hacer coincida con lo que realmente en el campo Podemos Hacer. ¿No será que estas decisiones tan importantes han sido tomadas solamente por la gente de la oficina?

Igualmente, la posibilidad de que los planos de Arquitectura o los de Estructuras consideren la influencia de algunos aspectos operativos, es de suma importancia para que la obra sea más "construible" ¿No será que el arquitecto diseñó sus espacios y sus ambientes sin previa coordinación con el ingeniero estructural?, sabemos que es muy frecuente que estas especialidades se desarrollen en forma secuencial e independiente una de otra y suele ocurrir que al ingeniero estructural no se le comunique de ciertos detalles sobre los procesos operativos que se utilizarán en obra; muchas veces se pueden encontrar planos originales en los que se especifica un aligerado típico y sin embargo la obra se está construyendo con viguetas prefabricadas; o también en los planos originales figura el cálculo con fierro convencional pero en la obra se usan soluciones equivalentes como mallas o columnas electrosoldadas, por lo cual manejamos planos paralelos. ¿Tan tardías tienen que ser las decisiones de abastecimiento y de elección de proveedores, que estas no pueden ser planificadas? o será que no ponemos en práctica el concepto de Constructabilidad.

Las más grandes oportunidades de mejorar la productividad de una obra, no se dan durante la etapa de construcción, es un primer paradigma que hay que romper; estas oportunidades se dan mucho antes, en la etapa de diseño, en la etapa de planificación y más importante aún en las etapas de anteproyecto y factibilidad.

Actualmente se vienen construyendo una gran cantidad de edificios pequeños y medianos dentro del casco consolidado de la ciudad, donde generalmente no hay disponibilidad de grandes terrenos lo cual no impide aplicar el concepto de constructabilidad.

CAPITULO III:

APLICACIÓN

3.1.0 APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PROGRAMACIÓN LEAN.

El objetivo del siguiente capítulo es aplicar parte de las técnicas de Lean Construction a la obra en Chincha. El enfoque es mejorar la productividad de la construcción mediante la eliminación de las pérdidas por procesos y aplicar el sistema que garantice el flujo. Esto se hará puntualmente con:

- 1.- La reducción del desperdicio, definido en el capítulo 1.4, donde previo a un plan logístico del lugar, se determinará el mejor recorrido que reduzca los desperdicios por Transporte, y por ende de Movimientos y Esperas.
- 2.- La aplicación del sistema del Último Planificador, definido en el capítulo 1.3, donde serán analizadas las formas y métodos de administración haciendo uso de los programas Microsoft Project y Microsoft Excel. Dejando así formatos automáticos de control para su uso en la ejecución.

Así cumplir con el objetivo de la presente tesis, con la implementación del enfoque "Lean" en la construcción y seguir desarrollando iniciativas que promuevan la implementación de la filosofía Lean en nuestro país.

3.1.1 PLAN LOGISTICO DEL SITIO (SITE PROJECT LOGISTIC PLAN)

Site Logistic Plan es una ilustración gráfica que representa en buena forma el proyecto, es una herramienta que debe ser usada y actualizada a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Puede ser complementada con otros conceptos Lean tales como: JIT, balance de recursos, 5-S Process, etc; su difusión es un aspecto importante. Todos los entes involucrados deben tener acceso a esta información.

Reglas a seguir

Regla #1: El mejor lugar para almacenar materiales y equipos es en su ubicación final.

- Incentivar el concepto de Just-in –Time en el despacho de materiales y equipos en el proyecto
- No deberían haber cantidades de materiales que excedan la capacidad de instalación de los mismos (cantidades que excedan las dos semanas)

Regla #2: Debe existir un lugar para todo y todo debe estar en su lugar.

- Incentivar que cuando un material arribe al proyecto, estos sean ubicados en un área previamente planeada y que puedan ser mantenidos en esa ubicación hasta su utilización.
- El espacio asignado debe ser capaz de almacenar una cantidad que garantice una secuencia continua de trabajo.

SITE PROJECT LOGISTIC PLAN; PASO A PASO

1. Identificar aspectos constructivos:

- a) Fase de Obra Gruesa y Fase de Terminaciones
- b) Fase de construcción y Fase de equipamiento
- c) Métodos constructivos especiales
- d) La secuencia constructiva queda definida por el programa de obra

2. Identificar áreas de escombros y métodos de evacuación de escombros

3. Definir sistema de circulación interno y externo tanto de personal como de equipamiento

4. Definir ubicación de oficinas, áreas de almacenaje y áreas de servicios

5. Identificar métodos de despachos (considerar espacios y métodos de despachos propicios para aplicar Just-in –Time)

El cuadro siguiente será un instrumento de verificación para el correcto plan logístico de la obra, cuyo fin será los planos donde se muestren las descripciones más importantes para el siguiente paso, análisis de recorrido.

PLAN LOGISTICO DEL SITIO: Checklist		
Compañía: Consorcio JUBEX		
Nombre del Proyecto: Construcción de Nuevas Unidades en el Hospital de Chincha		
Numero del Proyecto: 1		
Fecha:		02 enero 2008
Descripción de las consideraciones	Fechas/ iniciales	Comentarios
1.- Requerimientos Contractuales		
2.- Requerimientos de Estándar de Calidad		
2.1- 5-S Planning		-
2.2- Requerimientos ISO		Ninguno
3.- Permisos y Requerimientos Gubernamentales		
3.1- Impacto Vial - Accesos y Egresos		Ninguno
3.2- Emergencias - Accesos y Egresos		Ver plano
3.3- Condiciones del Terreno		llano
3.4- Señalización y Aspectos de seguridad		Ubicados
3.5- Medidores - Agua, electricidad, etc.		Ver plano
4.- Horarios Especiales de Trabajo (turnos)		7:30am – 6:00pm
5.- Ubicación de Oficinas		
5.1- Limite Perimetral del Proyecto		Ver plano
5.2- Ubicación de Servicios		Ver plano
5.3- Ubicación de Estacionamientos		Ver plano
5.4- Ubicación de Barreras de Control y Seguridad		Ver plano
6.- Aspectos Ambientales		
6.1- Almacenaje de Elementos Combustibles o Corrosivos		Ninguno
6.2- Almacenaje de Elementos Especiales		Ninguno
6.3- Reciclaje		Existente
6.4- Otros Requerimientos		
7.- Secuencia de Trabajo		

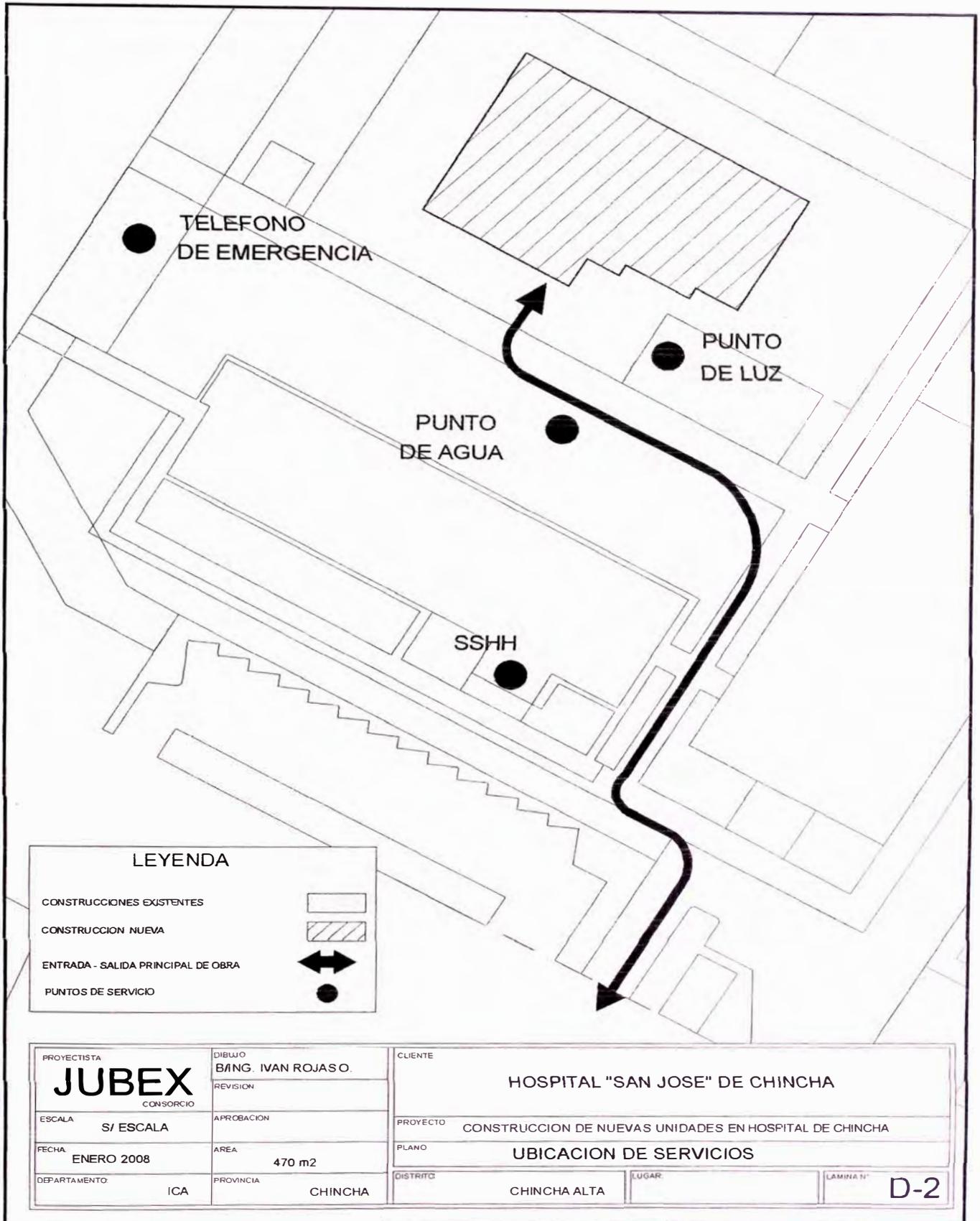
7.1- Aspectos Relacionados con la Secuencia Constructiva		
Fase de Obra Gruesa/ Fase Constructiva		
Fase de Terminaciones/ Equipamiento		-
Métodos Constructivos Especiales		-
Secuencia Constructiva		-
Ubicación de Accesos, Grúas y Elementos de Apoyo		-
7.2- Condiciones Climáticas		
7.3- Ubicación de Sistemas de Evacuación de Escombros		En Cordinación
7.4- Ubicación de Areas de Recreación y Descanso		Ubicado
7.5- Ubicación de Areas de Almacenaje de Subcontratistas		Ubicado
7.6- Estacionamientos		Ubicado
7.7- Sistema de Circulación para Despacho de Materiales		Señalado
8.- Otras Consideraciones		

Cuadro 7: Plan Logístico del sitio

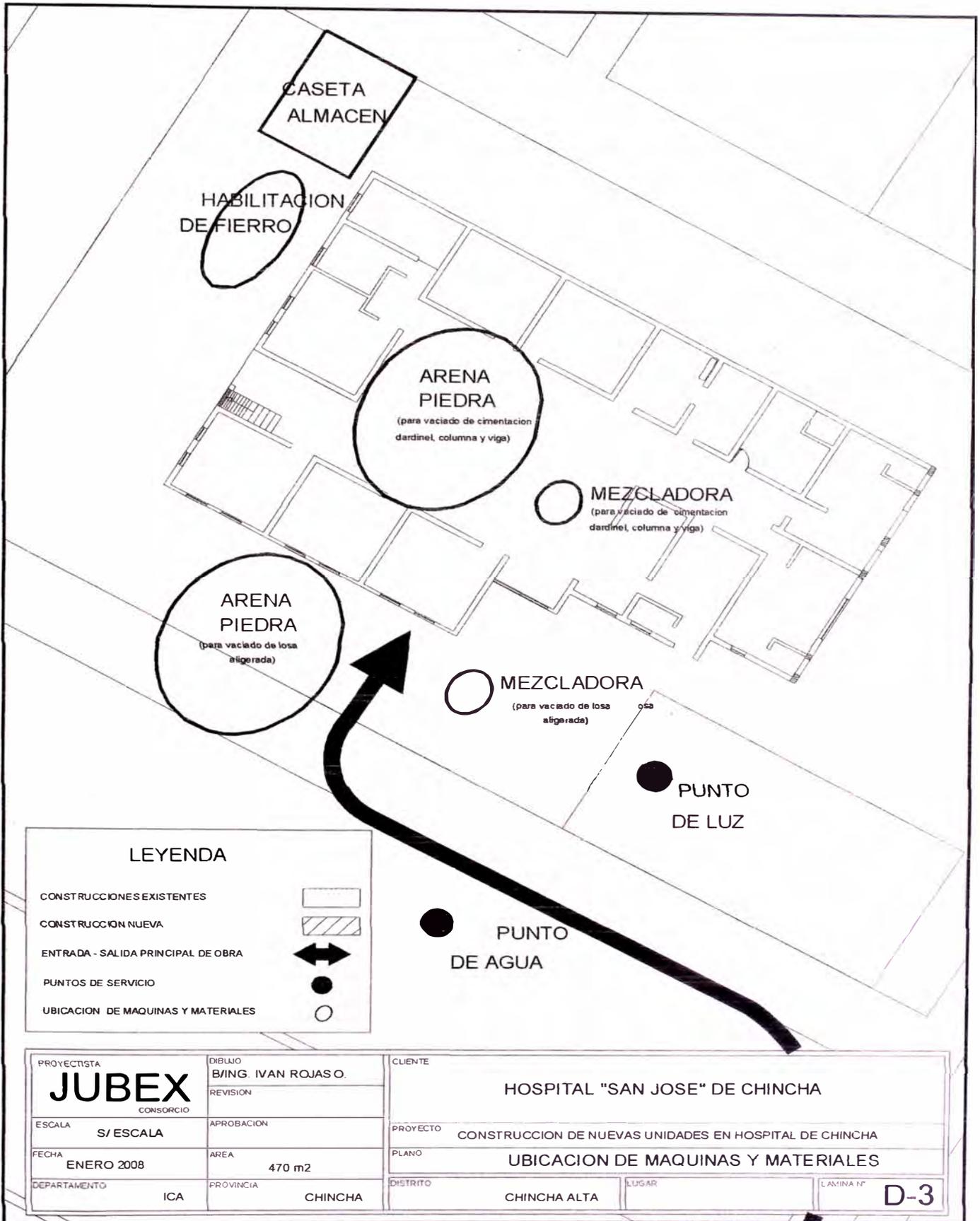


Foto 13: Fotos perteneciente a la obra (ver plano1).

La foto 1 muestra el único ingreso principal al hospital, la foto 2 muestra el único ingreso a la obra, el número 3 muestra zonas de áreas verdes (por tanto ingreso restringido), y el número 4 el área de la zona a construir.



Plano 2: Ubicación de Puntos de servicio



Plano 3: Ubicación de Materiales según el resultado del análisis de recorrido elaborado en el siguiente capítulo.

CONCLUSIONES DEL SITE LOGISTIC PLAN

- Herramienta que puede ser aplicada en todos los proyectos.
- Debe comenzar a utilizarse desde el periodo de propuestas.
- Debe ser desarrollado por la mayor cantidad de personas involucradas en el proyecto.
- Sirve como instrumento de comunicación antes de comenzar con cualquier actividad o faena.
- Las actividades de producción son concebidas como flujos de materiales e información.
- Los flujos son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.
- Los flujos son mejorados periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías.
- Los flujos son mejorados continuamente con respecto a las pérdidas y al valor, intentando eliminar o reducir aquellas actividades que no agregan valor.

3.1.2 DIAGRAMA DE PROCESOS Y RECORRIDO.

El objetivo de este capítulo es hallar el menor recorrido de transporte de material para la elaboración de cada producto, de manera que maximice o mejore la productividad vista en el capítulo 2.1.

El análisis se hizo de la siguiente manera:

1.- Se ubicó dos alternativas como se ve en los planos 5 y 6, partiendo de la verificación del cuadro **Checklist** descrito en la [pág. 92](#), ya que la ubicación de las máquinas y materiales deberán respetar las consideraciones del cuadro **Checklist**.

2.- Se procede a zonificar las áreas promedias de producción. ([ver plano 4](#)) y a medir la cantidad de productos a construir (Cimiento, Zapata, Viga Cimentación, Sobrecimiento, Columna, Viga) por zonas.

ZONA (ver plano)	CIMENTO		ZAPATAS		VIGA DE CIMENTAC.	
	Volumen requerido (m3)	long. de zona de vaciado	Volumen requerido (m3)	Cantid de zona de vaciado	Volumen requerido (m3)	long. de zona de vaciado
1	20.0	23.0	2.9	3.0	1.1	23.0
2	16.6	19.0	2.9	3.0	0.9	19.0
3	11.3	13.0	2.9	3.0	0.6	13.0
4	18.3	21.0	2.9	3.0	1.0	21.0
5	12.6	14.5	2.9	3.0	0.7	14.5
6	16.6	19.0	2.9	3.0	0.9	19.0
7	30.9	35.5	6.7	7.0	1.6	35.5
8	16.6	19.0	2.9	3.0	0.9	19.0
9	12.2	14.0	2.9	3.0	0.6	14.0
10	18.3	21.0	2.9	3.0	1.0	21.0
11	16.6	19.0	4.8	5.0	0.9	19.0
	190.0	218.0	37.1	39.0	10.0	218.0

Cuadro 8: Cantidad requerida por zona para Cimiento, zapatas y vigas de cimentación.

ZONA (ver plano)	SOBRECIMIENTO		COLUMNAS		VIGAS	
	Volumen requerido (m3)	long. de zona de vaciado	Volumen requerido (m3)	Cantid de zona de vaciado	Volumen requerido (m3)	long. de zona de vaciado
1	1.4	23.0	1.2	3.0	2.1	23.0
2	1.1	19.0	1.2	3.0	1.7	19.0
3	0.8	13.0	1.2	3.0	1.2	13.0
4	1.3	21.0	1.2	3.0	1.9	21.0
5	0.9	14.5	1.2	3.0	1.3	14.5
6	1.1	19.0	1.2	3.0	1.7	19.0
7	2.1	35.5	2.7	7.0	3.3	35.5
8	1.1	19.0	1.2	3.0	1.7	19.0
9	0.8	14.0	1.2	3.0	1.3	14.0
10	1.3	21.0	1.2	3.0	1.9	21.0
11	1.1	19.0	1.9	5.0	1.7	19.0
	13.0	218.0	15.0	39.0	20.0	218.0

Cuadro 9: Cantidad requerida por zona para Cimiento, zapatas y vigas de cimentación.

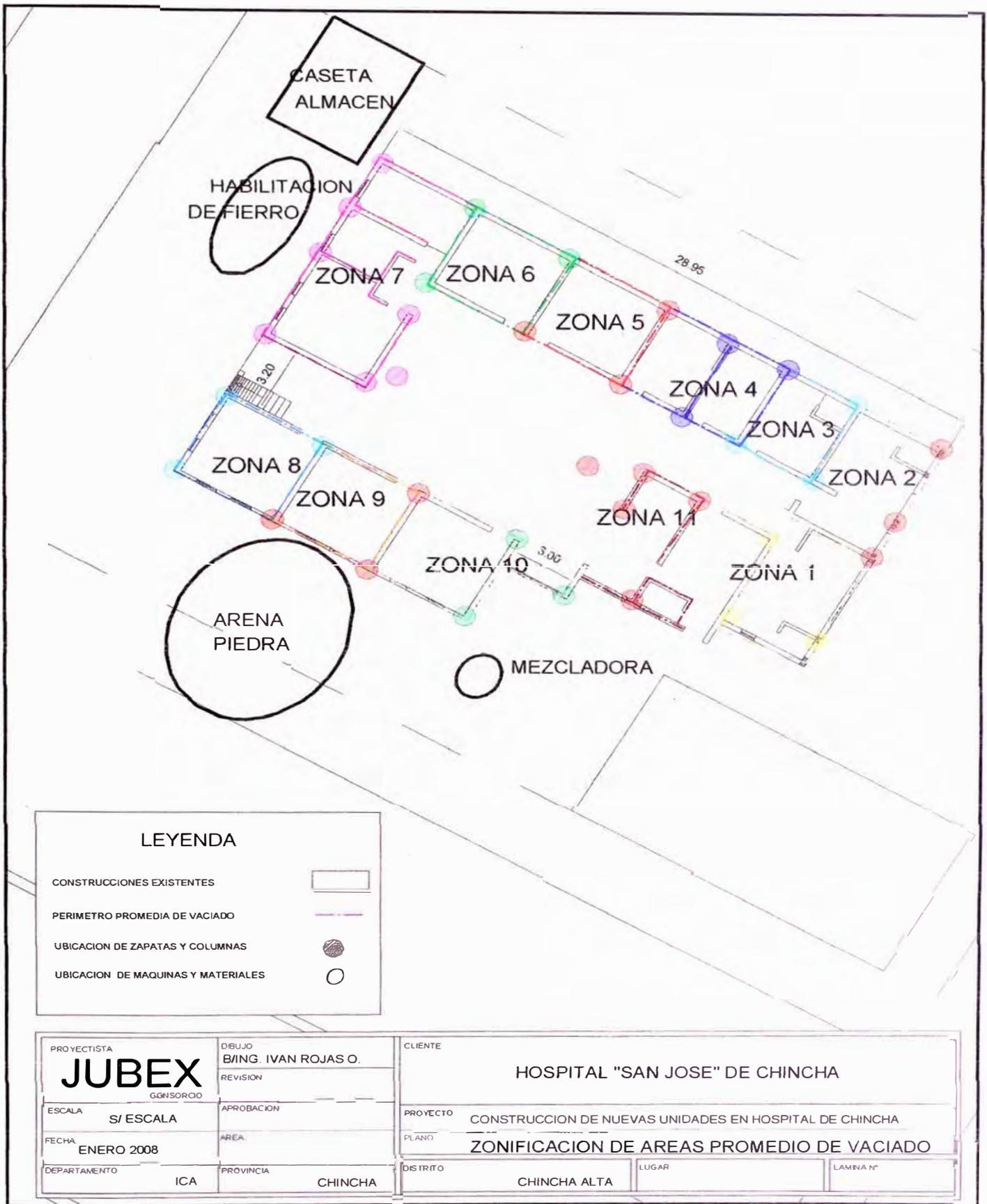
3.- Se calcula la distancia recorrida desde la ubicación de la máquina mezcladora hasta el punto final promedio de vaciado (longitud promedio a cada zona). Ver cuadros 8 y 9.

4.- Se calcula el volumen a transportar, que coincide con el volumen de recorrido en excepción de las cimentaciones y sobrecimiento que se adicionará el volumen del vació transportado por las piedras medianas.

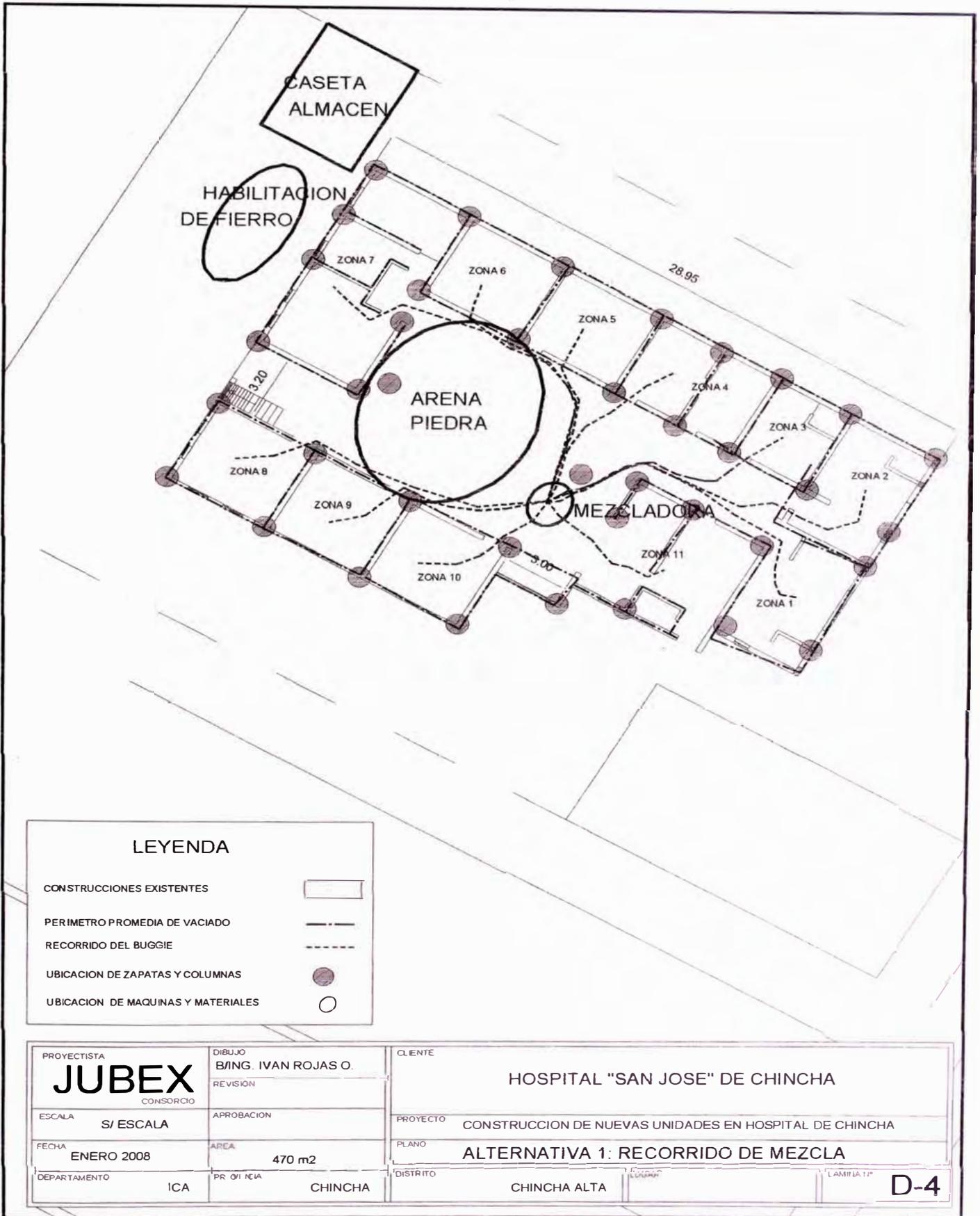
5.- Calcular la cantidad de buggies o de latas (según sea el caso), a partir del volumen a transportar : $(\text{Volumen a transportar}) / (\text{Volumen de la capacidad del boggie o lata})$.

6.- Multiplicar la cantidad de buggies o latas por la distancia recorrida para cada vaciado; a este producto multiplicar por 2(recorrido de ida y vuelta).

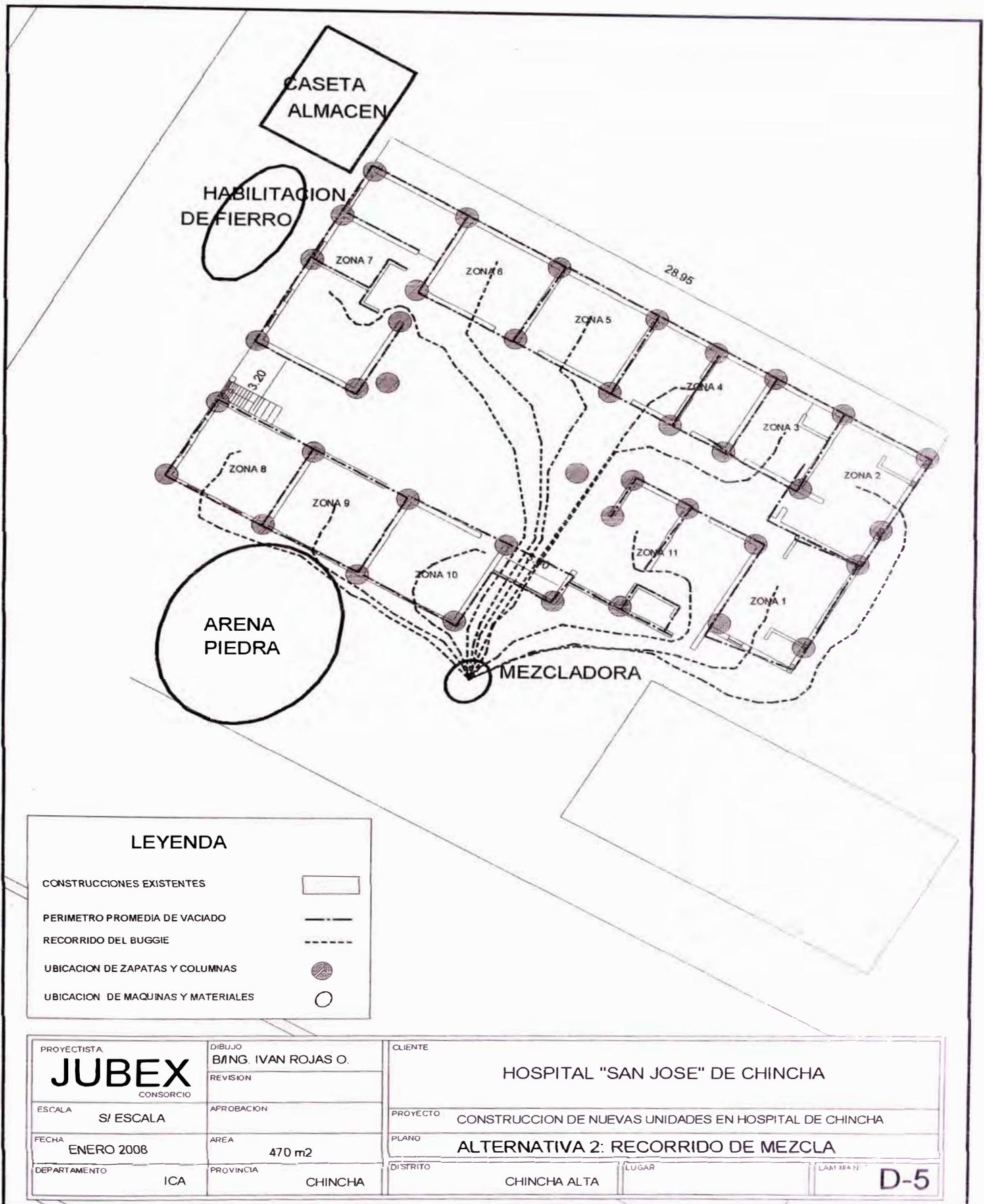
7.- Calcular de la misma forma para la segunda alternativa.



Plano 4: Zonificación de áreas promedio de vaciado



Plano 5: Recorrido del Vaciado de Mezcla (Alternativa 1)



Plano 6: Recorrido del Vaciado de Mezcla (Alternativa 2)

RECORRIDO EN ALTERNATIVA 1

Consideraciones:

%Vacios en transporte de piedra mediana: 30%

Tipo de cimentación: 30% piedra grande

Tipo de Sobrecimiento: 25% piedra mediana

1 Buggi = 3pie³ = 3m³/35.32 → 1 m³ = 11.8 buggies (aproximado)

1 Lata = 18 Lt = 18m³/1000 → 1 m³ = 55.6 Latas (aproximado)

RECORRIDO PARA CIMIENTO (Alternativa 1)						
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Vacio x transporte piedra (m3)	Volumen a transportar	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	20.0	1.8	21.9	258	31.0	7998.0
2	16.6	1.5	18.1	213	34.0	7242.0
3	11.3	1.0	12.4	146	24.0	3504.0
4	18.3	1.6	20.0	236	18.0	4248.0
5	12.6	1.1	13.8	163	19.0	3097.0
6	16.6	1.5	18.1	213	27.0	5751.0
7	30.9	2.8	33.7	398	37.0	14726.0
8	16.6	1.5	18.1	213	30.0	6390.0
9	12.2	1.1	13.3	157	21.0	3297.0
10	18.3	1.6	20.0	236	14.0	3304.0
11	16.6	1.5	18.1	213	14.0	2982.0
	190.0		207.1	2446		62,539.00

Cuadro 10: Recorrido del vaciado para Cimiento (alternativa 1).

RECORRIDO PARA ZAPATAS (Alternativa 1)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	2.9	34	31.0	1054.0
2	2.9	34	34.0	1156.0
3	2.9	34	24.0	816.0
4	2.9	34	18.0	612.0
5	2.9	34	19.0	646.0
6	2.9	34	27.0	918.0
7	6.7	79	37.0	2923.0
8	2.9	34	30.0	1020.0
9	2.9	34	21.0	714.0
10	2.9	34	14.0	476.0
11	4.8	57	14.0	798.0
	37.1	442		11,133.00

Cuadro 11: Recorrido del vaciado para Zapata (alternativa 1).

RECORRIDO PARA VIGA DE CIMENTACION (Alternativa 1)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.1	13	31.0	403.0
2	0.9	11	34.0	374.0
3	0.6	8	24.0	192.0
4	1.0	12	18.0	216.0
5	0.7	8	19.0	152.0
6	0.9	11	27.0	297.0
7	1.6	20	37.0	740.0
8	0.9	11	30.0	330.0
9	0.6	8	21.0	168.0
10	1.0	12	14.0	168.0
11	0.9	11	14.0	154.0
	10.0	125		3,194.00

Cuadro 12: Recorrido del vaciado para Viga Cim. (alternativa 1).

RECORRIDO PARA SOBRECIMIENTO (Alternativa 1)						
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Vacio x transporte piedra (m3)	Volumen a transportar	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.4	0.1	1.5	18	31.0	558.0
2	1.1	0.1	1.2	15	34.0	510.0
3	0.8	0.1	0.8	10	24.0	240.0
4	1.3	0.1	1.3	16	18.0	288.0
5	0.9	0.1	0.9	11	19.0	209.0
6	1.1	0.1	1.2	15	27.0	405.0
7	2.1	0.2	2.3	27	37.0	999.0
8	1.1	0.1	1.2	15	30.0	450.0
9	0.8	0.1	0.9	11	21.0	231.0
10	1.3	0.1	1.3	16	14.0	224.0
11	1.1	0.1	1.2	15	14.0	210.0
	13.0		14.0	169		4,324.00

Cuadro 13: Recorrido del vaciado para Sobrecimiento (alternativa 1).

RECORRIDO PARA COLUMNAS (Alternativa 1)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.2	65	31.0	2015.0
2	1.2	65	34.0	2210.0
3	1.2	65	24.0	1560.0
4	1.2	65	18.0	1170.0
5	1.2	65	19.0	1235.0
6	1.2	65	27.0	1755.0
7	2.7	150	37.0	5550.0
8	1.2	65	30.0	1950.0
9	1.2	65	21.0	1365.0
10	1.2	65	14.0	910.0
11	1.9	107	14.0	1498.0
	15.0	842		21,218.00

Cuadro 14: Recorrido del vaciado para Columnas (alternativa 1).

RECORRIDO PARA VIGAS (Alternativa 1)					
ZONA (ver plano)	ZONA PROMEDIO	Volumen requerido (m3)	Cant Latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1	2.1	118	31.0	3658.0
2	2	1.7	97	34.0	3298.0
3	3	1.2	67	24.0	1608.0
4	4	1.9	108	18.0	1944.0
5	5	1.3	74	19.0	1406.0
6	6	1.7	97	27.0	2619.0
7	7	3.3	182	37.0	6734.0
8	8	1.7	97	30.0	2910.0
9	9	1.3	72	21.0	1512.0
10	10	1.9	108	14.0	1512.0
11	11	1.7	97	14.0	1358.0
		20.0	1117		28,559.00

Cuadro 15: Recorrido del vaciado para Vigas (alternativa 1).

TOTAL DE: Cimiento, Zapata, Viga Cim., Sobr., Col., Viga (Alternativa 1)				
ZONA (ver plano)	Volumen a transportar (m3)	Cant Buggie y latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	30.5	506	31.0	15686.0
2	25.9	435	34.0	14790.0
3	19.0	330	24.0	7920.0
4	28.2	471	18.0	8478.0
5	20.7	355	19.0	6745.0
6	25.9	435	27.0	11745.0
7	50.2	856	37.0	31672.0
8	25.9	435	30.0	13050.0
9	20.1	347	21.0	7287.0
10	28.2	471	14.0	6594.0
11	28.6	500	14.0	7000.0
	303.1	5141		130,967.0

Cuadro 16: Recorrido Total (alternativa 1).

RECORRIDO EN ALTERNATIVA 2

Consideraciones:

%Vacios en transporte de piedra mediana: 30%

Tipo de cimentación: 30% piedra grande

Tipo de Sobrecimiento: 25% piedra mediana

1 Buggi = 3pie3 = 3m³/35.32 → 1 m³ = 11.8 buggies (aproximado)

1 Lata = 18 Lt = 18m³/1000 → 1 m³ = 55.6 Latas (aproximado)

RECORRIDO PARA CIMIENTO (Alternativa 2)						
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Vacio x transporte piedra (m3)	Volumen a transportar	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	20.0	1.8	21.9	258	34.0	8772.0
2	16.6	1.5	18.1	213	58.0	12354.0
3	11.3	1.0	12.4	146	46.0	6716.0
4	18.3	1.6	20.0	236	38.0	8968.0
5	12.6	1.1	13.8	163	40.0	6520.0
6	16.6	1.5	18.1	213	46.0	9798.0
7	30.9	2.8	33.7	398	52.0	20696.0
8	16.6	1.5	18.1	213	34.0	7242.0
9	12.2	1.1	13.3	157	25.0	3925.0
10	18.3	1.6	20.0	236	20.0	4720.0
11	16.6	1.5	18.1	213	36.0	7668.0
	190.0		207.10	2446.0		97,379.00

Cuadro 17: Recorrido del vaciado para Cimiento (alternativa 2).

RECORRIDO PARA ZAPATAS (Alternativa 2)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	2.9	34	34.0	1156.0
2	2.9	34	58.0	1972.0
3	2.9	34	46.0	1564.0
4	2.9	34	38.0	1292.0
5	2.9	34	40.0	1360.0
6	2.9	34	46.0	1564.0
7	6.7	79	52.0	4108.0
8	2.9	34	34.0	1156.0
9	2.9	34	25.0	850.0
10	2.9	34	20.0	680.0
11	4.8	57	36.0	2052.0
	37.1	442.0		17,754.00

Cuadro 18: Recorrido del vaciado para Zapata (alternativa 2).

RECORRIDO PARA VIGA DE CIMENTACION (Alternativa 2)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.1	13	34.0	442.0
2	0.9	11	58.0	638.0
3	0.6	8	46.0	368.0
4	1.0	12	38.0	456.0
5	0.7	8	40.0	320.0
6	0.9	11	46.0	506.0
7	1.6	20	52.0	1040.0
8	0.9	11	34.0	374.0
9	0.6	8	25.0	200.0
10	1.0	12	20.0	240.0
11	0.9	11	36.0	396.0
	10.0	125.0		4,980.00

Cuadro 19: Recorrido del vaciado para Viga Cim. (alternativa 2).

RECORRIDO PARA SOBRECIMIENTO (Alternativa 2)						
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Vacio x transporte piedra (m3)	Volumen a transportar	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.4	0.1	1.5	18	34.0	612.0
2	1.1	0.1	1.2	15	58.0	870.0
3	0.8	0.1	0.8	10	46.0	460.0
4	1.3	0.1	1.3	16	38.0	608.0
5	0.9	0.1	0.9	11	40.0	440.0
6	1.1	0.1	1.2	15	46.0	690.0
7	2.1	0.2	2.3	27	52.0	1404.0
8	1.1	0.1	1.2	15	34.0	510.0
9	0.8	0.1	0.9	11	25.0	275.0
10	1.3	0.1	1.3	16	20.0	320.0
11	1.1	0.1	1.2	15	36.0	540.0
	13.0		13.98	169.0		6,729.00

Cuadro 20: Recorrido del vaciado para Sobrecimiento (alternativa 2).

RECORRIDO PARA COLUMNAS (Alternativa 2)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1.2	65	34.0	2210.0
2	1.2	65	58.0	3770.0
3	1.2	65	46.0	2990.0
4	1.2	65	38.0	2470.0
5	1.2	65	40.0	2600.0
6	1.2	65	46.0	2990.0
7	2.7	150	52.0	7800.0
8	1.2	65	34.0	2210.0
9	1.2	65	25.0	1625.0
10	1.2	65	20.0	1300.0
11	1.9	107	36.0	3852.0
	15.0	842.0		33,817.00

Cuadro 21: Recorrido del vaciado para Columnas (alternativa 2).

RECORRIDO PARA VIGAS (Alternativa 2)					
ZONA (ver plano)	ZONA PROMEDIO	Volumen requerido (m3)	Cant Latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	1	2.1	118	34.0	4012.0
2	2	1.7	97	58.0	5626.0
3	3	1.2	67	46.0	3082.0
4	4	1.9	108	38.0	4104.0
5	5	1.3	74	40.0	2960.0
6	6	1.7	97	46.0	4462.0
7	7	3.3	182	52.0	9464.0
8	8	1.7	97	34.0	3298.0
9	9	1.3	72	25.0	1800.0
10	10	1.9	108	20.0	2160.0
11	11	1.7	97	36.0	3492.0
		20.0	1117.0		44,460.00

Cuadro 22: Recorrido del vaciado para Vigas (alternativa 2).

RECORRIDO PARA LOSA ALIGERADA (Alternativa 2)				
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	3.7	206	34.0	7004.0
2	3.1	170	58.0	9860.0
3	2.1	117	46.0	5382.0
4	3.4	188	38.0	7144.0
5	2.3	130	40.0	5200.0
6	3.1	170	46.0	7820.0
7	5.7	317	52.0	16484.0
8	3.1	170	34.0	5780.0
9	2.2	125	25.0	3125.0
10	3.4	188	20.0	3760.0
11	3.1	170	36.0	6120.0
	35.0	1951.0		77,679.00

Cuadro 23: Recorrido para losa aligerada (alternativa 2).

TOTAL DE: Cimiento, Zapata, Viga Cim., Sobr., Col., Viga (Alternativa 2)				
ZONA (ver plano)	Volumen a transportar (m3)	Cant Buggie y latas (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	30.5	506.0	34.0	17204.0
2	25.9	435.0	58.0	25230.0
3	19.0	330.0	46.0	15180.0
4	28.2	471.0	38.0	17898.0
5	20.7	355.0	40.0	14200.0
6	25.9	435.0	46.0	20010.0
7	50.2	856.0	52.0	44512.0
8	25.9	435.0	34.0	14790.0
9	20.1	347.0	25.0	8675.0
10	28.2	471.0	20.0	9420.0
11	28.6	500.0	36.0	18000.0
	303.1	5141.0		205,119.0

Cuadro 24: Recorrido total (alternativa 2).

RESUMEN DE RECORRIDO PARA EL VACIADO DE Cimiento, Zapata, Viga Cimentación, Sobrecimiento, Columna, Viga				
ALTERNATIVA	Volumen a transportar(m3)	Cant Buggie requeridos a transportar (Und)	Long. Total de recorrido del buggie (m)	CONCLUSION
I	303.1	5,141	130,967.0	Mejor Alternativa!
II	303.1	5,141	205,119.0	

Cuadro 25: Resumen de recorridos (ambas alternativa).

Análisis del recorrido de material de excavación

RECORRIDO POR EXCAVACION 1					RECORRIDO POR EXCAVACION 2				RECORRIDO POR EXCAVACION 3				RECORRIDO POR EXCAVACION 4			
ZONA (ver plano)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)	Volumen requerido (m3)	Cant Buggie (Und)	Long. a recorrer x Buggie(m)	Long. Total (m)
1	33.5	396	14.7	5813.3			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0
2	27.7	327	15.3	4990.0			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0
3			0.0	0.0	19.0	224	12.5	2795.5			0.0	0.0			0.0	0.0
4			0.0	0.0	30.6	362	9.9	3569.3			0.0	0.0			0.0	0.0
5			0.0	0.0	21.1	250	17.3	4320.0			0.0	0.0			0.0	0.0
6			0.0	0.0	27.7	327	28.6	9352.2			0.0	0.0			0.0	0.0
7			0.0	0.0			0.0	0.0	51.8	611	23.6	14395.2			0.0	0.0
8			0.0	0.0			0.0	0.0	27.7	327	13.5	4414.5			0.0	0.0
9			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0	20.4	241	21.2	5109.2
10			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0	30.6	362	12.2	4416.4
11			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0	27.7	327	22.6	7396.7
	61.2	723	29.94	10,803.30	98.4	1163	68.22	20,037.04	79.5	938	37.06	18,809.66	78.7	930	33.40	16,922.34

Cuadro 26: Recorrido de material de excavación por zona

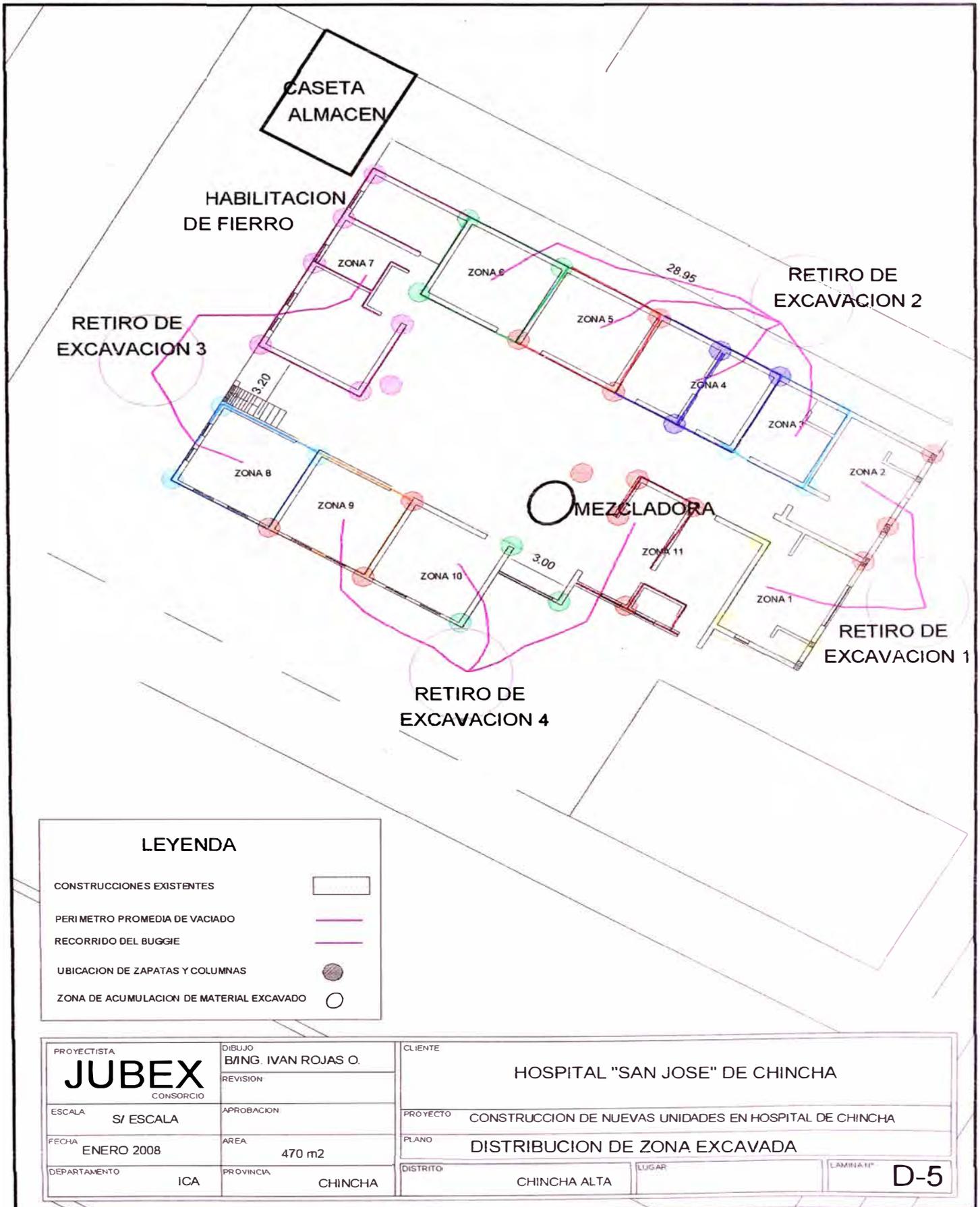
El volumen calculado en este proceso es de 5.25m³, considerando la cuadrilla siguiente:

-3 peones excavan 10.5 m³ al día con un rendimiento promedio de 3.5 m³/día(ver anexo- metrado de obra).

- "x" peones transportarán al siguiente día el material excavado. Si partimos con 2 peones cada uno transportará 10.5 m³ / 2 = 5.25m³.

TIEMPO TOTAL	SIMBOLO	DESCRIPCION
60.0 seg		Espera el llenado del buggie
21.5 seg		Se dirige con el boogie lleno a situarse a la zona de retiro
5.0 seg		Descanso intermedio cada 2 viajes
19.0 seg		Se dirige hacia la zona de retiro
5.0 seg		Descarga el material de excavación transportado Esta es una operación
15.0 seg		Se dirige con el boogie vacío a recibir la siguiente carga
125.5 seg	TOTAL (tiempo que demora un peón ida y vuelta)	

RETIRO (en 1 día: 5.25 m ³)		
Número de esperas		61.95
Número de operaciones		61.95
Número de transportes		61.95
Tiempo total transportado en min		129.6



Plano 7: Disposición del material excavado

3.1.3 IMPORTANCIA DEL CAD 4D.

Simulación

Representación de un proceso o sistema a través de un modelo computacional, con el cual se puede experimentar y probar distintas alternativas, de modo de tener una mejor base para tomar la decisión correcta ”

Para qué Simular

- La Simulación es una metodología que permite apoyar la toma de decisiones en el diseño de sistemas, antes de que éste sea construido probando políticas de operación, antes de que éstas sean implantadas
- Por si misma, la Simulación no resuelve los problemas, sino que ayuda a:
 - Identificar los problemas relevantes
 - Evaluar cuantitativamente las soluciones alternativas

Ventajas Respecto de Análisis Tradicionales

- Se incorpora el efecto de la variabilidad en el rendimiento del proceso productivo
- Permite modelar relaciones lógicas complejas
 - Utilización de recursos
 - Rendimientos de los trabajadores
 - Restricciones
 - Cantidad máxima de trabajadores por espacio
 - Disponibilidad y distribución de recursos
 - Competencia por recursos (grúa, espacio)
 - Asignación de prioridades a trabajos más importantes

Beneficios de Tecnologías CAD 4D

Generales

- Reducción de costo y plazo de ejecución.
- Reducción de errores durante la construcción.
- Reducción de incertidumbre y riesgo del programa

Diseño

- Diseños más confiables.
- Enfoque en la planificación y constructabilidad

Construcción.

- Visualización del programa de construcción.
- Análisis de interferencias espacio-tiempo

Cliente

- Seguridad de la calidad del producto y servicio ofrecido

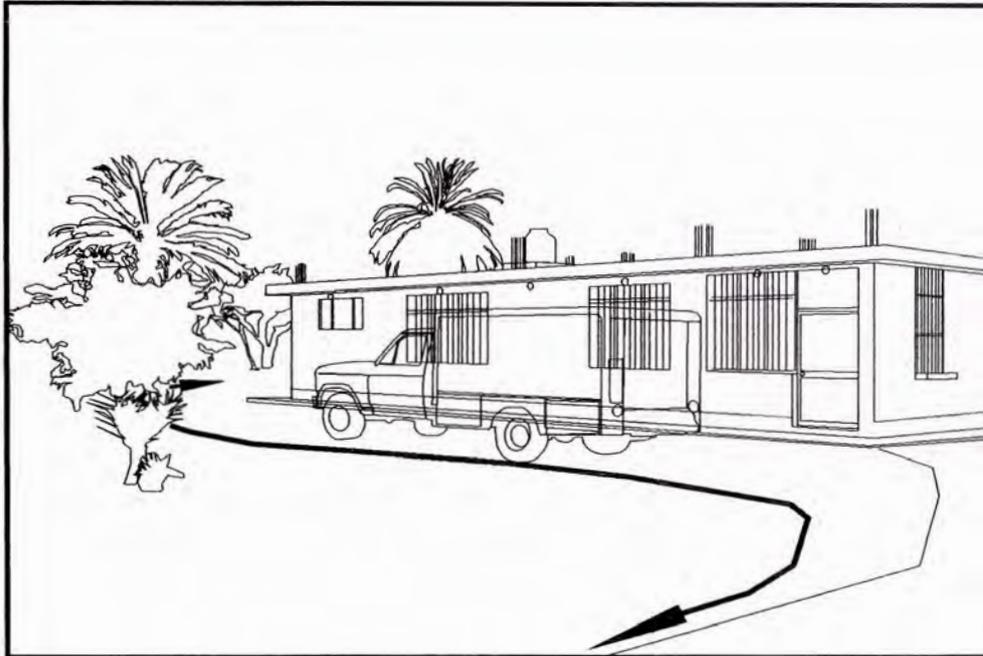


Figura20: Modelación 3-d de construcción existente



Foto 14: Imagen de modelación anterior

3.1.4 IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER (EL ULTIMO PLANIFICADOR)

Los pasos a seguir, para llevar a cabo la implementación son los siguientes:

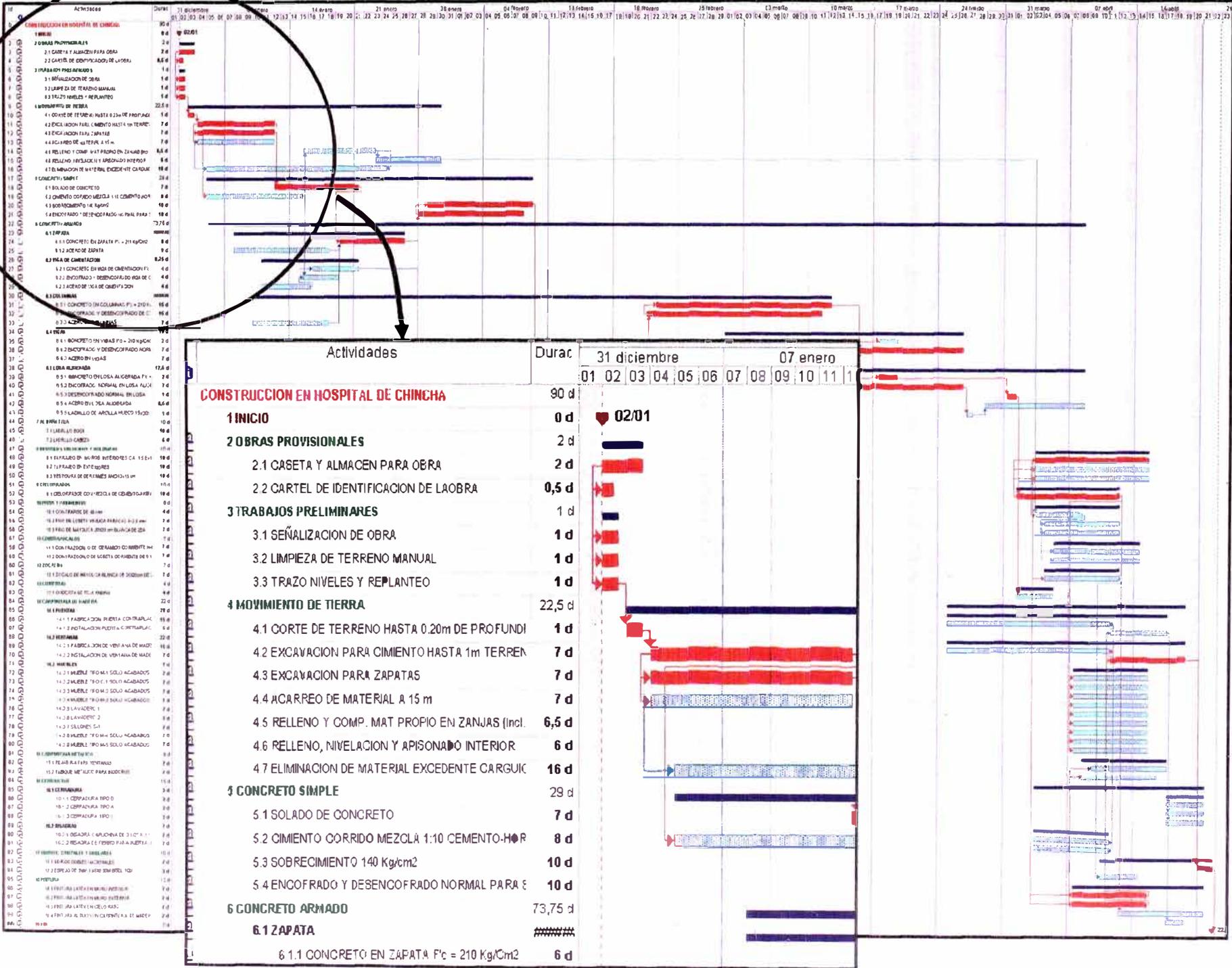
- Elaboración mediante el programa Microsoft Project la programación inicial de la obra. Para esto cabe mencionar, se ha considerado solo los trabajos de estructuras y arquitectura, cuyos metrados se muestran en los anexos.
- Utilización de Microsoft Excel para elaborar la planillas estandarizadas para la planificación de la obra, que se generarán a partir del programa Maestro (punto anterior).
- Análisis de los datos anteriores y la aplicación de medidas correctivas para el mejoramiento de la gestión.

Plan maestro

Se confecciona la carta Gantt general de la obra, incorporando en ella los plazos totales y parciales que deben cumplirse. Además, el administrador de la obra determina en este momento cuales son los insumos cuyo tiempo de adquisición es mayor que el horizonte de la planificación intermedia (4 semanas), ingresando las fechas en que deben emitirse sus respectivas órdenes de compra como hitos en el plan maestro. El administrador de la obra debe enviar una copia del plan maestro al departamento de ingeniería.

El Plan Maestro de la obra será preparado preferentemente con la ayuda de un software de planificación, Primavera Project Planner o Microsoft Project. Figura 20. Luego será llevado al programa de cálculo Excel, donde se creará una hoja con nombre "Programa Maestro". Figura 21

Fig. 21: Programación general de la obra elaborada mediante Ms. Project



Construcción de Nuevas Unidades de Atención del Hospital
San José De Chivaria Entorcado al Estudio de Lean Construction
Rojas Orellana Ivan Wilmer

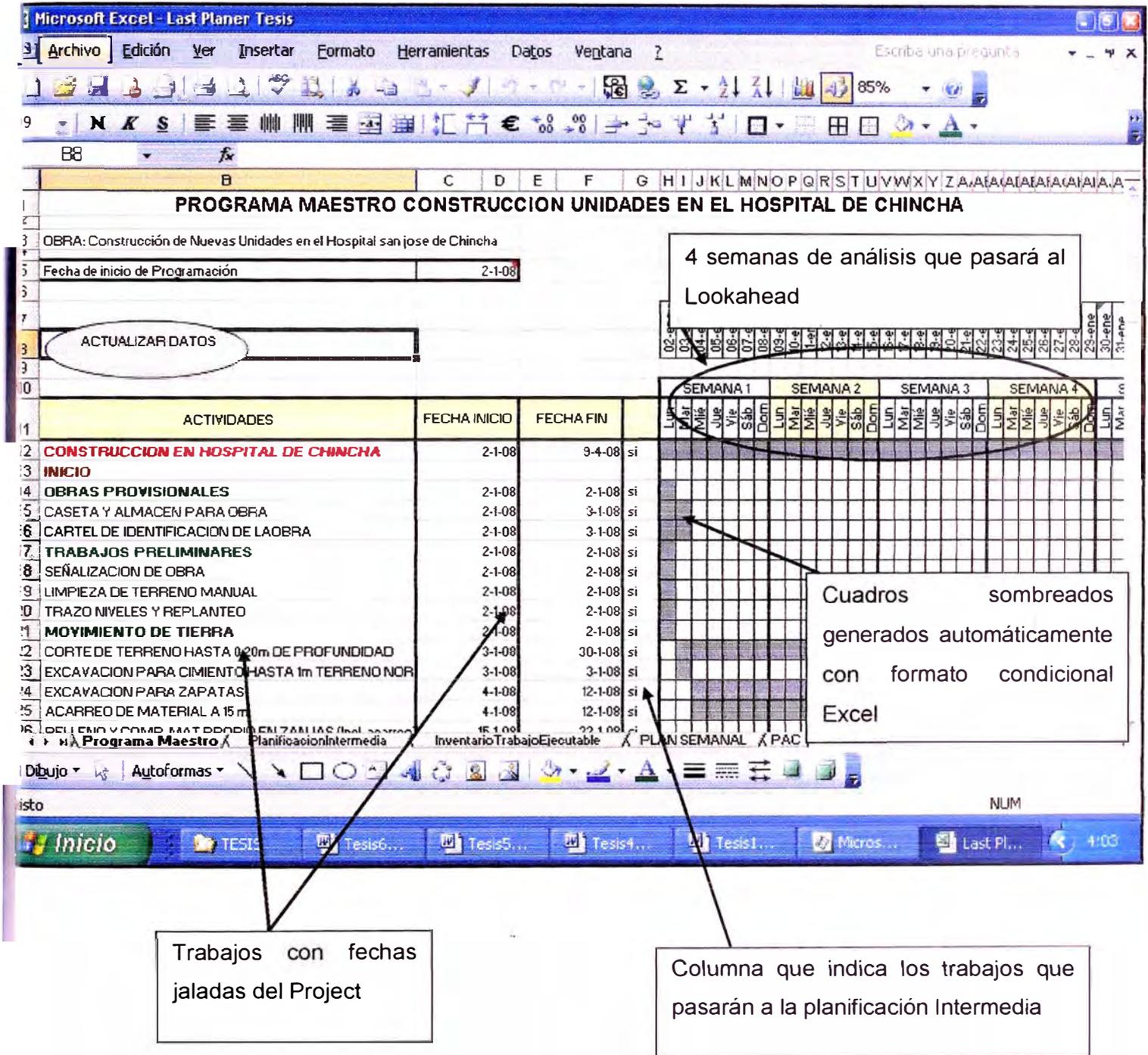


Figura 22: Hoja jalada del Project denominado: "Programa Maestro".

Las actividades que están seleccionadas en la 4° columna de la figura 21 son las que entrarán a la ventana Lookahead seleccionada. Cabe destacar que las actividades del plan maestro mostradas en la figura anterior deben ser ordenadas según la malla calculada en el programa maestro inicialmente propuesto. En la misma hoja. "Programa Maestro", se encuentra el vínculo que permitirán posesionarse a la ventana Lookahead de 4 semanas, para comenzar la planificación intermedia desde la fecha actual hacia delante.

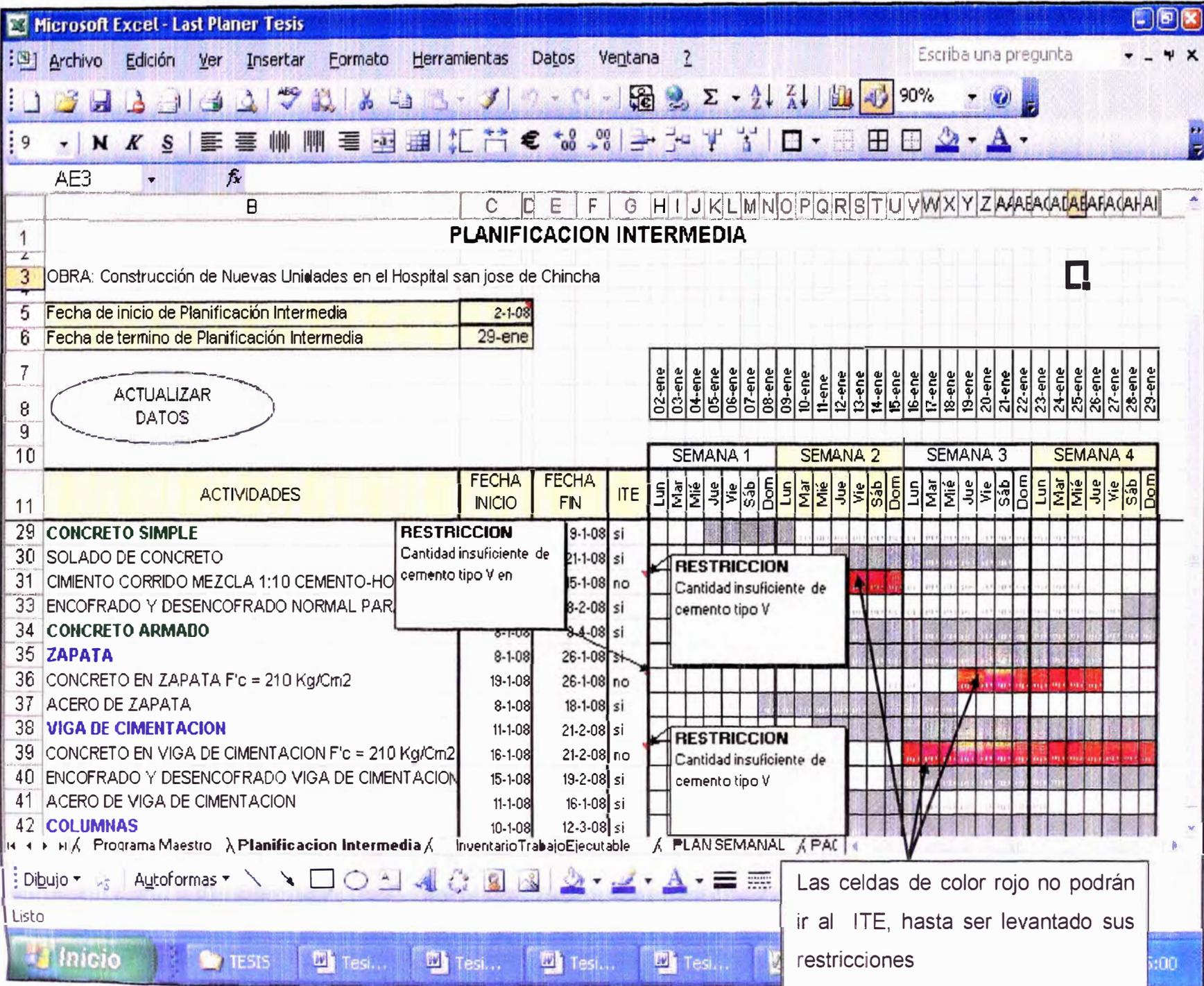
Se procederá a posesionar en la hoja "Planificación Intermedia" de la planilla de trabajo (figura22) en donde deben ingresar de forma automática, como lo permite la planilla, las actividades que en el plan maestro tienen fecha de ejecución dentro del periodo de planificación intermedia.

Planificación Intermedia

El encargado de la planificación toma una parte del plan maestro, desde la fecha actual y con un horizonte de cuatro semanas. Las actividades de la planificación intermedia representan lo que debería hacerse en las próximas semanas para cumplir con lo declarado en el plan maestro. Para cada actividad ingresada a la planificación intermedia el encargado de la planificación en conjunto con los demás asistentes a la reunión de planificación, revisará su factibilidad, es decir; comprobará que se disponga en obra de toda la información, equipos, materiales, faenas previas y mano de obra necesarias para hacerla. (Liberación de restricciones). En caso de que alguna actividad tenga restricciones que impidan su ejecución, se designará un responsable de eliminar dicho impedimento.

Posteriormente el encargado de la programación elaborará un inventario de trabajo ejecutable (ITE) con todas las actividades que no tengan impedimentos para su ejecución. Este inventario de trabajo ejecutable debe ser creado con la ayuda de la etiqueta ITE de la planilla de planificación. Las actividades que entran al ITE son las actividades que tienen todas sus restricciones liberadas. En la figura 22 se muestra el inventario de trabajo realizable estándar de todas las obras de la empresa, el cual será posteriormente analizado en la reunión de planificación por los involucrados en la producción, para desde allí generar los compromisos de ejecutar las actividades que desde el ITE pasarán a la planificación semanal.

Figura 24: Simulación de restricción en concreto de zapatas y vigas de cimentación.



Es común que los problemas de abastecimiento de material sean más frecuentes en provincias, por ello en el análisis de restricciones sobre este punto (material) deberán ser analizadas con mucho cuidado, teniendo en cuenta los pasos del capítulo 1.2.5.

Tal es el caso del cemento tipo V para la cimentación, el cual se deberá tomar en cuenta el tiempo mínimo de provisión de este.

Después de generar el ITE, dentro de la reunión de planificación semanal, viene uno de los pasos más sensibles del sistema, balancear la carga con la capacidad, pues el administrador de obra debe ser lo más criterioso posible para realizar asignaciones de calidad y que la cantidad de asignaciones propuestas en el plan semanal sean cumplidas.

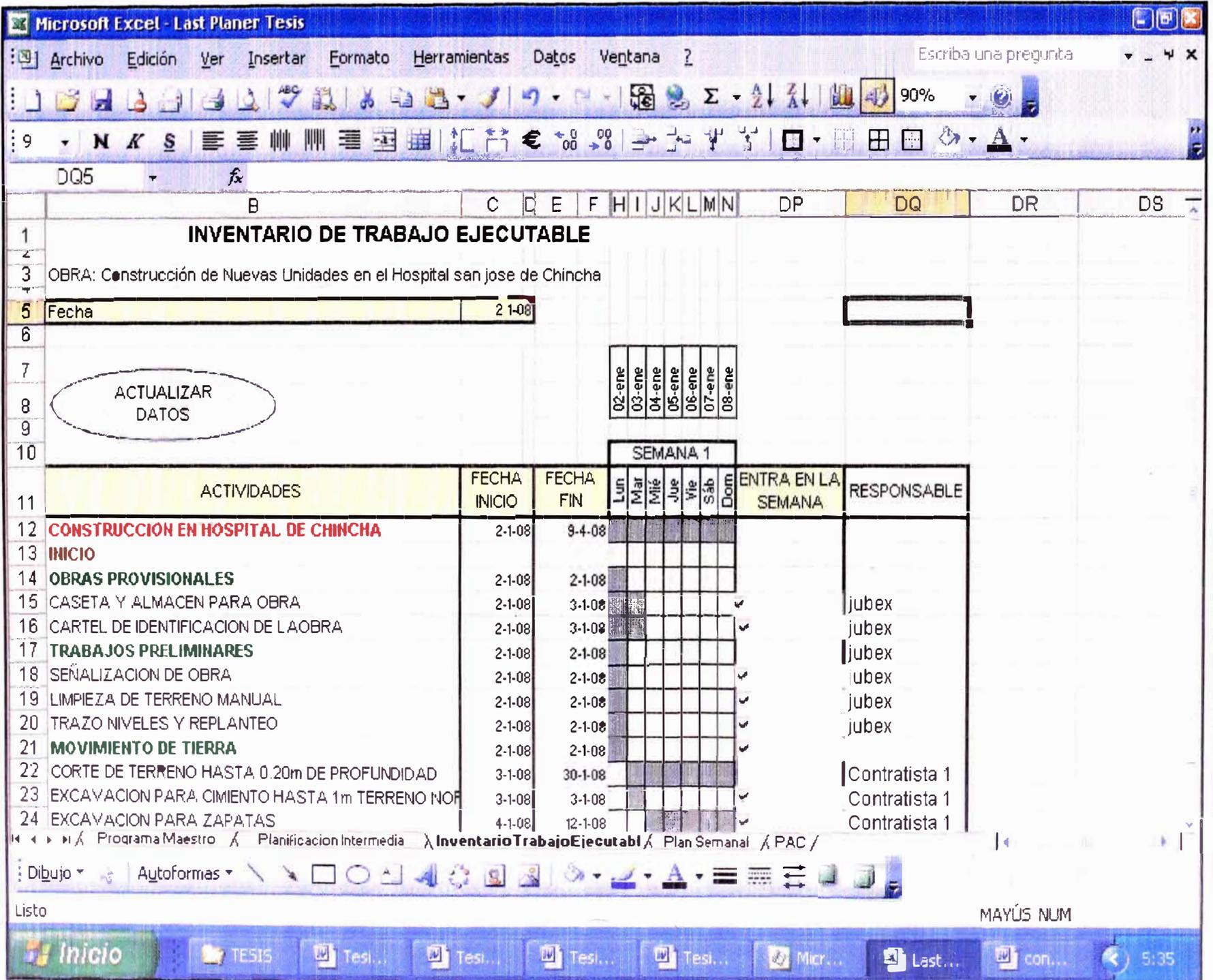


Figura 25: Hoja de Inventario de Trabajo ejecutable (ITE)

Planificación Semanal

Se informará a todo el personal de la obra (Jefe de Terreno, Jefes de Obra, Capataces, Bodeguero), Subcontratistas, y delegado, respecto al día y hora de la semana en que se efectuará la reunión de planificación. Es ideal que esta hora en la semana, sea lo más estable para dar la seriedad que se necesita. Este horario, se informará al departamento de productividad además será publicada en el panel de informaciones de la obra, al iniciarse la obra.

La planilla de planificación semanal es capaz de calcular en forma automática el porcentaje de actividades terminadas (PAC).

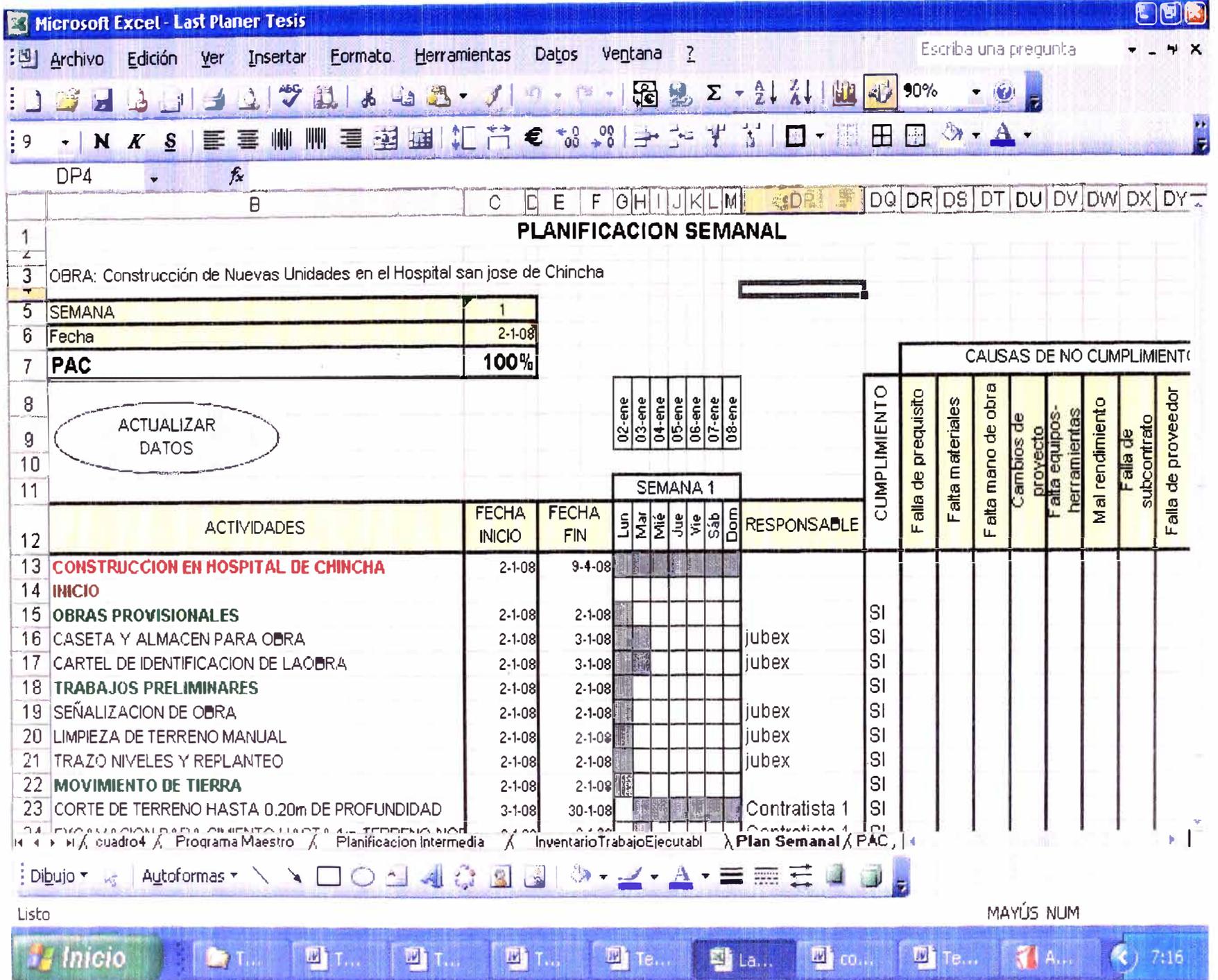


Figura 26: Hoja de Planificación Semanal

Reunión de planificación semanal

a) Revisión de la planificación de la semana anterior

El encargado de la planificación presentará a los asistentes a la reunión la cantidad de actividades planificadas la semana anterior, cada una con su nivel de cumplimiento correspondiente. En la eventualidad de que una actividad no se haya terminado, anotará a su lado la causal del no cumplimiento. Es muy importante, en el caso que existan actividades no terminadas, exigir al responsable una explicación frente a todos los asistentes, la que deberá quedar escrita como causa de no cumplimiento.

A continuación calcula el Porcentaje de Actividades Terminadas (PAC) con la siguiente fórmula:

$$PAC = \frac{\text{Cantidad de Actividades Terminadas}}{\text{Cantidad de Actividades Planificadas}}$$

Las actividades que se ejecutaron en un 100% corresponden a lo ejecutado.

b) Revisión de la Planificación Intermedia

Desde el plan maestro, el encargado de planificación ingresa una nueva semana a la planificación intermedia. Los asistentes a la reunión revisan el estado de las restricciones de las actividades recién ingresadas y de aquellas que tenían restricciones no liberadas la semana anterior. Entre los asistentes a la reunión se designan responsables de liberar las nuevas restricciones que se han detectado. El encargado de la planificación debe actualizar el ITE.

c) Nueva Planificación Semanal

Tomando actividades del ITE, los asistentes a la reunión hacen una nueva planificación semanal.

d) Envío de información a Departamento de Productividad

Finalmente, el encargado de la planificación envía semanalmente al departamento de productividad una copia de la siguiente información de las decisiones, tomadas por el comité de planificación, para su análisis en el departamento de productividad:

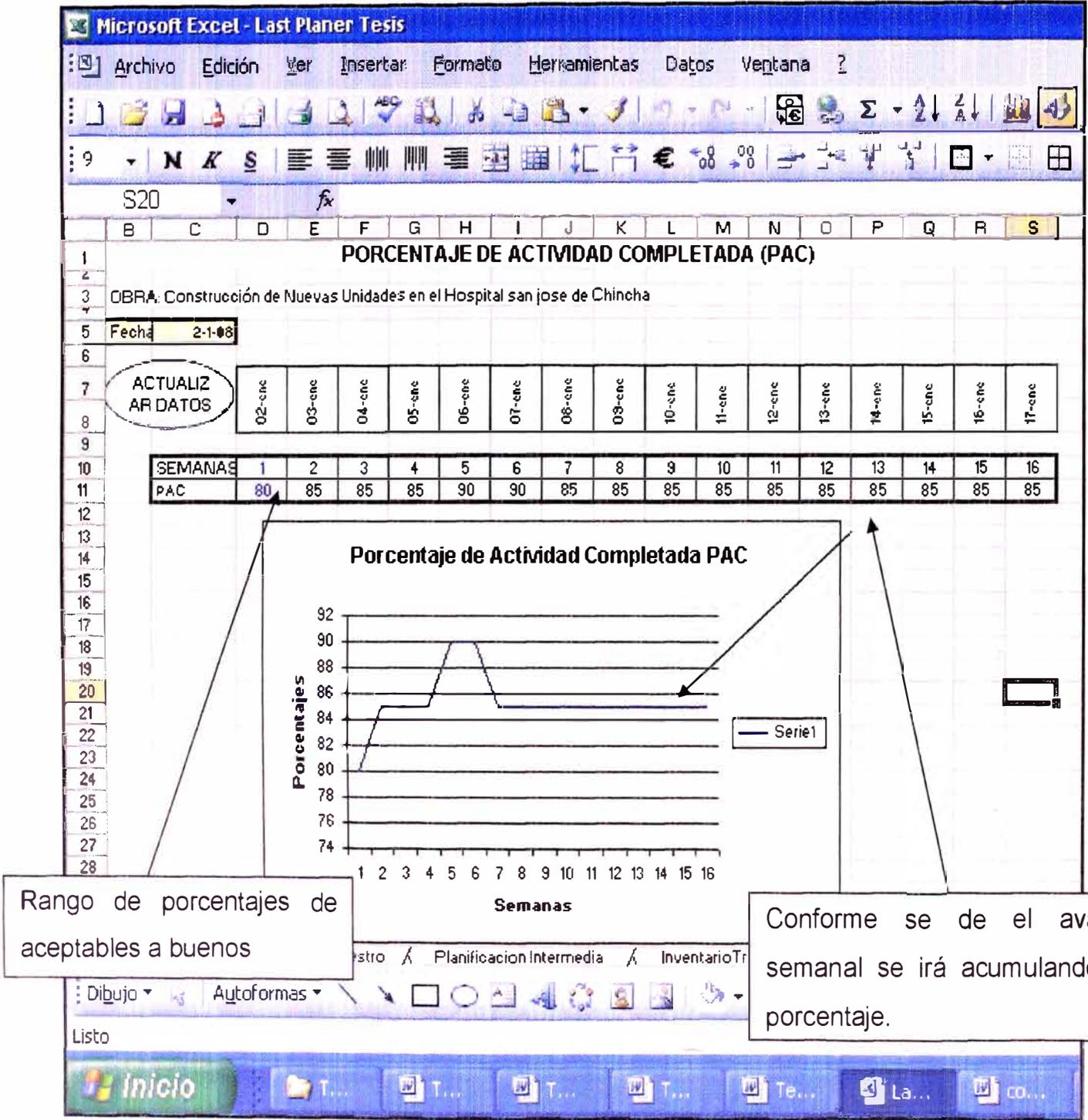
- Planificación semanal anterior.
- PAC de la semana anterior y las causas de no cumplimiento.
- ITE de la semana actual.
Asistencia y evaluación de subcontratos.
- Informe Mensual de Gestión.
Asistencia del Personal de la Obra.
- Información recopilada por el encargado de la planificación en la obra.

La hoja Excel de Planificación Semanal, tras la actualización de los datos ingresados por el encargado de planificación, calcula de forma automática el Porcentaje de Actividades Terminadas (PAC) y lo almacena en la planilla con la etiqueta PAC y presenta la evolución de éste durante la obra. Además del PAC, este deberá almacenar y presentar la estadística de las causas de no cumplimiento parciales y acumuladas. En la figura 23 se presenta los resultados arrojados por la planilla PAC de resultados.

La planilla es el mejor referente acerca de la efectividad de la planificación por parte del administrador de obra, además de ser información estandarizada.

El PAC promedio en Medellin evaluado en el año 2003 a una serie de empresas arrojó un PAC de: 76.6%, tomaremos esto como referencia a esta obra.

Figura 27: Hoja de Porcentajes de Actividades Completadas.



3.2.0 INFORMES Y RESULTADOS.

Resultado del Análisis de Recorrido Vaciado de Mezcla.

Del resultado entre las dos alternativas, primeramente resaltaremos la reducción de transporte que se logrará con este análisis:

La reducción en transporte, **solo en vaciado de concreto** es de 74 Km aproximadamente, que representa casi la distancia recorrida entre Lima y Mala.

Reducción en transporte!

Imaginémonos ahora Cuanto esfuerzo-hombre en caminar con buggie o lata esa distancia, se ha reducido por toda ese recorrido.

Reducción en Movimiento!

Y las paradas por esperas que hará el trabajador en ese larga distancia.

Reducción en esperas!

Como resultado tenemos una reducción en desperdicios, por ende una construcción de tipo Lean.

Cuadro 27: Informe de resultado entre las dos alternativas propuestas.

ELEMENTO	Volumen a transportar(m3)	Cant Buggie y latas requeridos a transportar (Und)	ALTERNATIVA 1 Long. Total de recorrido del buggie (m)	ALTERNATIVA 2 Long. Total de recorrido del buggie (m)	DIFERENCIA (m)
Cimiento	207.1	2,446	62,539.0	97,379.0	34,840.0
Zapata	37.1	442	11,133.0	17,754.0	6,621.0
Viga de Cimentación	10.0	125	3,194.0	4,980.0	1,786.0
Sobrecimiento	14.0	169	4,324.0	6,729.0	2,405.0
Columna	15.0	842	21,218.0	33,817.0	12,599.0
Viga	20.0	1,117	28,559.0	44,460.0	15,901.0
Losa Aligerada	35.0	1,951		77,679.0	0.0
		7,092	130,967.0	282,798.0	74,152.0

Resultado del Análisis de proceso y recorrido del retiro de material de excavación

Si un peón demora 126 seg ida y vuelta, y el tiempo de llenado de buggie es de 60 seg, se contará con una cuadrilla de: 2 peones para transportar y 1 para abastecer, de forma tal se optimize el proceso

Por lo tanto esta cuadrilla demorará 129.6 min (2 horas) para una excavación (10m³), cuyo recorrido ida y vuelta es en promedio de $(14.7\text{m}+15.3\text{m})/2 = 15\text{m}$.

Informes a tomar en consideración para el control en la ejecución de la obra

La figura a continuación es una referencia elaborada en Colombia, del resultado de mediciones de varias obras, esta servirá como guía para el control semanal del PAC en la obra de Chincha.

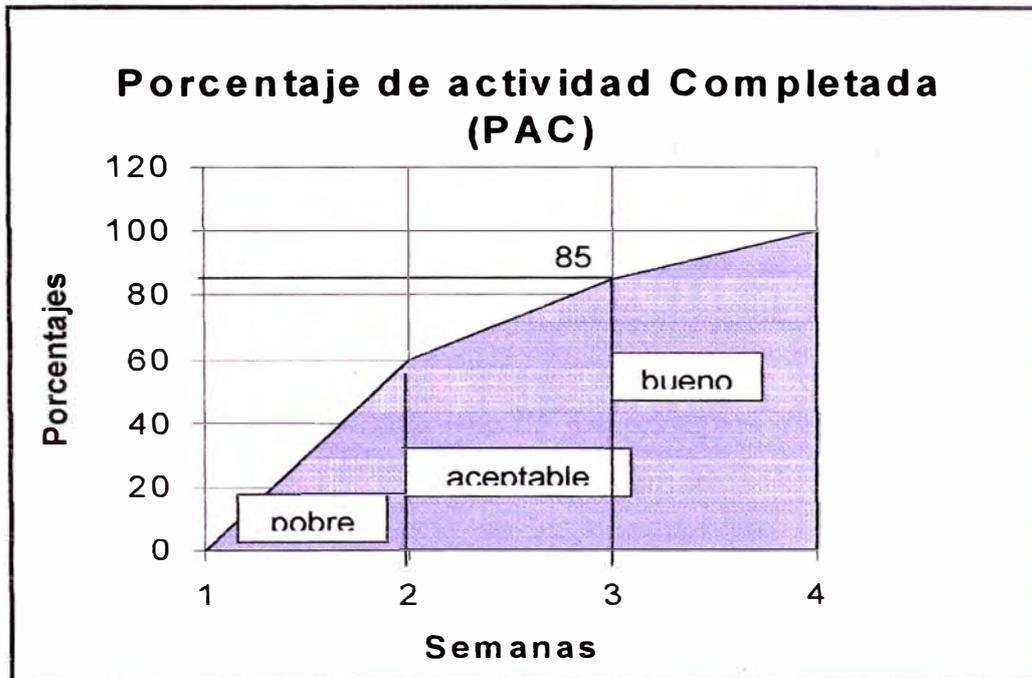


Fig 28. Informe del resultado promedio PAC en la construcción Colombiana

Y la siguiente figura es el porcentaje promedio de diferentes obras en Chile:

OBRA	PAC promedio (%)
1	73.4
2	74.6
3	73.7
4	65.4
5	71.8
6	87.2
PROMEDIO	74.35

De ambos resultados podemos tener idea del porcentaje promedio del PAC en la construcción con el sistema Lean Construction.

CONCLUSION Y RECOMENDACION

El contenido de la tesis enfoca como parte principal la implementación del “Ultimo Planificador”, como se ha visto en el capítulo I y III, y siendo el tema de aplicación un proyecto por ejecutar, la conclusión se basará a partir de recopilaciones de diversos autores y aplicaciones de otras obras ejecutadas, para así poder utilizar como Benchmarking, esos resultados, a la etapa de construcción de las unidades del Hospital de Chincha.

- Se optimizó el proceso en el recorrido de vaciado y el retiro de material de excavación, obteniendo además planos de ubicación de material y maquinaria, que ayudará al ejecutor a maximizar la productividad.
- Tras el análisis de cada uno de los principios de Lean Construction, se puede notar que cada uno de ellos llama a los profesionales a utilizar mejor el sentido común, pues la mayoría de las herramientas necesitan el uso de un análisis cualitativo más que cuantitativo característico de la Ingeniería.

Por ello también se puede afirmar que no es el software el que hace la diferencia, si no el uso inteligente de la filosofía, para apoyar la introducción de mejores prácticas en la obra.

- La función que describe el PAC acumulado es de forma creciente. Aún así se deberá controlar el PAC teniendo en cuenta el resultado promedio aceptable de la aplicación de otras obras, entre 60 y 85%, siendo lo ideal mayor a este, clasificado como bueno.
- Incorporar los requerimientos de los subcontratistas en el sistema de control de producción es un principio fundamental de la filosofía Lean Construction.
- Seleccionar subcontratistas por su habilidad y disponibilidad para participar en el sistema de control de producción y aprender de éstos (Contratistas certificados).

- Es imposible mejorar lo que no se mide; por tanto es imprescindible medir y comunicar adecuadamente PAC y causas de no cumplimiento a todos los involucrados en el proyecto, esto es, desde los Administradores de obra hasta los Jornales, a través de murales que la empresa publica (Principio de Mejoramiento de la transparencia) para así realizar acciones oportunamente.
- Experiencias internacionales y nacionales exitosas, comprueban los beneficios del nuevo sistema de gestión.
- Es imprescindible un cambio cultural, una nueva forma de pensar, planear y ejecutar, para que se haga efectivo cada vez más la utilización de esta filosofía.
- Una recomendación es la invitación a estudiantes y profesionales a participar activamente en la búsqueda e implementación de las estrategias exitosas.
- En el hospital hay una construcción reciente, por lo que se recomienda utilizar la herramienta Benchmarking, con el objetivo de mejorar la producción de la obra.

BIBLIOGRAFIA

PUBLICACIONES Y LIBROS

-Alarcón Luis F., Lean Construction. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 497pp., 1997.

- Botero Botero Luis Fernando, Álvarez M. E., Benchcolombia. Sistema de Referenciación para la Construcción. Sistema Nacional de Benchmarking Para la Industria de la Construcción. Centro de Publicaciones Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 2006.

-Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. rev. ing. ISSN. 0121-4993. Mayo de 2007.

-Rodríguez Castillejos Walter, fundamentos de Programación, Reprogramación, Calidad Total y Seguridad Total en Obras Civiles, Lima-Perú, 2007.

-Orihuela Pablo A. y Orihuela Jorge A., Motiva S.A., CONSTRUCTABILIDAD EN PEQUEÑOS PROYECTOS INMOBILIARIOS, VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario – M.D.I., Lima, Perú, 2003.

-Baeza Pereyra Julio R., Arcudía Abad, Carlos E., González Fajardo, José A., Simulación Estocástica de rendimientos de Mano de Obra en Procesos de Construcción, Baeza et. al. / Ingeniería 103-115, México, 2004.

REFERENCIAS DE INTERNET

-<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/IGLC7/PDF/Howell.pdf>

-<http://www.leanConstruction.org/>.

-<http://www.vermeer.com/>.

-www.motiva.com.pe

ANEXOS

- Cronograma general de la obra
- Presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO

OBRA: Construcción de Nuevas Unidades del Hospital San Jose de Chincha

UBICACIÓN: Ica - Chincha

EJECUTOR: Consorcio JUBEX

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.UNIT	PARCIAL	SUB TOTAL
1.00	OBRAS PROVISIONALES					
1.30	CASETA Y ALMACEN PARA OBRA	Glb	1.00	552.47	552.47	552.47
2.30	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	Glb	1.00	454.34	454.34	454.34
2.00	TRABAJOS PRELIMINARES					
2.10	SEÑALIZACION DE OBRA	ml	112.00	1.63	182.33	182.33
2.10	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	476.00	2.30	1095.06	1095.06
2.30	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO	m2	476.00	1.69	804.44	804.44
3.00	MOVIMIENTO DE TIERRA					
3.10	CORTE DE TERRENO HASTA 0.20m DE PROFUNDIDAD	m3	238.00	3.11	740.18	740.18
3.20	EXCAVACION PARA CIMIENTO HASTA 1m TERRENO NORMAL	m3	212.16	23.36	4956.14	4956.14
3.30	EXCAVACION DE ZAPATAS	m3	42.12	26.70	1124.60	1124.60
3.40	ACARREO DE MATERIAL A 15 m	m3	317.85	11.35	3606.85	3606.85
3.50	RELLENO, NIVELACION Y APISONADO INTERIOR	m2	476.00	10.33	4917.08	4917.08
3.60	RELLENO Y COMP. MAT PROPIO EN ZANJAS (Incl. acarreo)	m3	100.05	13.09	1309.64	1309.64
3.70	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CARGUIO MANUAL	m3	588.35	18.84	11084.55	11084.55
4.00	CONCRETO SIMPLE					
4.10	CIMIENTO CORRIDO MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% U	m2	170.29	197.60	33649.70	33649.70
4.20	SOBRECIMIENTO 140 Kg/cm2	m3	11.80	252.12	2974.67	2974.67
4.30	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIEN	m2	117.99	33.81	3989.12	3989.12
5.00	CONCRETO ARMADO					
5.10	ZAPATAS					26915.80
5.11	CONCRETO EN ZAPATA F'c = 210 Kg/Cm2	m3	98.84	250.00	24710.40	
5.12	ACERO EN ZAPATAS	Kg	668.30	3.30	2205.40	
5.20	VIGA DE CIMENTACION					3552.37
5.21	CONCRETO EN VIGA DE CIMENTACION F'c = 210 Kg/Cm2	m3	3.95	320.69	1267.53	
5.22	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGA DE CIMENTACION	m2	19.44	36.51	709.75	
5.23	ACERO DE VIGA DE CIMENTACION	Kg	433.91	3.63	1575.09	
5.30	COLUMNAS					20010.72
5.31	CONCRETO EN COLUMNAS F'c = 210 Kg/Cm2	m3	12.52	357.35	4475.74	
5.32	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNA	m2	192.13	42.96	8253.82	
5.33	ACERO DE COLUMNAS	Kg	1978.20	3.68	7281.16	
5.50	VIGAS					19754.51
5.41	CONCRETO EN VIGAS F'c = 210 Kg/Cm2	m3	18.06	350.07	6320.78	
5.42	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m2	68.99	45.73	3154.73	
5.43	ACERO EN VIGAS	Kg	2793.21	3.68	10279.00	
5.70	LOSA ALIGERADA					33290.17
5.71	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'c = 210 Kg/Cm2	m3	27.48	261.51	7187.13	
5.72	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERAD	m2	324.24	40.16	13021.64	
5.73	ACERO EN LOSA ALIGERADA	Kg	2528.26	3.63	9177.60	
5.74	LADRILLO DE ARCILLA HUECO 15x30x30	Pz	2620.00	1.49	3903.80	

REFERENCIAL

TOTAL COSTO DIRECTO	S/.	176,229.99
GG 10%	S/.	17,623.00
UU 10%	S/.	17,623.00
SUBTOTAL	S/.	211,475.99