

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**PLANIFICACIÓN COLABORATIVA Y MEDICIÓN SIMULTÁNEA DE
INDICADORES DE SEGURIDAD Y PRODUCCIÓN EN EL SISTEMA LAST
PLANNER**

Tesis para optar por el Título de **Ingeniera Civil**, que presenta la bachiller:

Natalia Sihuay Arauco

ASESOR: PhD. Xavier Brioso Lescano

Lima, Abril del 2016

RESUMEN

Uno de los sistemas de gestión más conocidos para la construcción es la filosofía Lean Construction, propuesta en los años 90 por el pionero Lauri Koskela, la cual viene siendo adaptada por varias empresas constructoras de nuestro país. Dentro de esta filosofía tenemos la herramienta del Last Planner System (El último planificador) la cual consiste en subdividir el proceso de construcción en tres partes: Lo que se debe hacer (Plan maestro) lo que se puede hacer (Lookahead) y lo que se hará (Plan semanal). Así mismo, hoy en día es muy importante el tema de la seguridad en obra. En nuestro país rige la Norma G050 y la Ley de Seguridad y Salud en el trabajo Nro. 29783.

El presente trabajo propone una metodología para mejorar la productividad y seguridad en obra, la cual consiste en dos partes:

La primera parte de la metodología consiste en un breve repaso de todas las herramientas del Sistema Last planner, asimismo se enfatizó el uso de la planificación colaborativa, la cual consiste en trabajar de manera conjunta con todos los implicados durante la planificación de cada tren de actividades en todas las etapas del sistema. Se enfocó principalmente en la etapa del Lookahead con el fin de resaltar la importancia de las áreas de soporte y de realizar un buen análisis de restricciones el cual incluya conocer tanto las restricciones de producción como de las áreas de soporte entre ellas la de seguridad.

Como segunda parte se tomó la metodología de integración propuesta por Brioso (2015) que permite clasificar los tipos de trabajos en: Productivos (que generan valor), Contributivos (los que ayudan a generar valor) y No Contributivos (no generan valor) y a la vez determinar bajo que actos y condiciones estándar o sub estándar (seguros o inseguros) se ejecutan. Esta nueva clasificación permite medir simultáneamente la productividad y seguridad de una obra para conocer su estado real en cuanto a estos términos.

Utilizando la metodología propuesta de la tesis se evaluó, mediante encuestas, registros fotográficos y videos, el estado inicial de una empresa constructora local que hace uso del Lean Construction para obtener indicadores de seguridad y productividad e identificar oportunidades de mejora y medidas correctivas.

Palabras clave: Planificación colaborativa, Last Planner, Lean construction, productividad, seguridad.

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Planificación colaborativa y medición simultánea de Indicadores de seguridad y producción en el Sistema Last Planner"

Área : Construcción y Gestión – Investigación

Asesor : Ing. Xavier Brioso Lescano

Alumno : NATALIA LUISA SIHUAY ARAUCO

Código : 2006.4403.412

Tema N° : # 263

Fecha : Lima, 11 de febrero de 2016



INTRODUCCIÓN:

Uno de los sistemas de construcción usados en nuestro país es el promovido por la filosofía Lean Construction, propuesto por el Dr. Lauri Koskela en los años 90. Por otro lado, en países emergentes como el nuestro, es muy importante hacer mayores esfuerzos en planificar la seguridad en obra. En nuestro país rige la Norma G050 Seguridad durante la construcción y la Ley N° 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El presente trabajo propone una metodología para optimizar la seguridad y productividad en obra, la cual contiene dos partes: Una de ellas es realizar un breve repaso del Sistema Last Planner. Se promueve el uso de la planificación colaborativa en todas las etapas del sistema, en especial en la etapa del Lookahead con el fin de resaltar la importancia de las áreas de soporte y de realizar un buen análisis de restricciones. En la segunda parte se tomó la metodología de integración propuesta por Brioso (2015) la cual permite medir indicadores de seguridad y productividad de manera simultánea.

Finalmente con el uso de la metodología propuesta se evaluó (mediante encuestas, fotografías y videos) el estado inicial de una empresa constructora local que hace uso de la filosofía Lean Construction para obtener indicadores de seguridad y productividad e identificar oportunidades de mejora y medidas correctivas.

OBJETIVOS:

- Objetivo principal

Dar a conocer la importancia del uso de la planificación colaborativa a lo largo del sistema Last Planner, en especial, entre el área de producción y las áreas de soporte en la etapa de la elaboración del Lookahead. Asimismo, implementar un método de evaluación, para las obras en construcción, que permita medir los tipos de trabajos (productivos, contributivos y no contributivos) y los actos y condiciones



FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



estándar y sub estándar de manera simultánea al que se llamará "Metodología de integración" (Brioso 2015).

Objetivos específicos

- Realizar una breve descripción de las herramientas del sistema Last Planner
- Difundir las normas y leyes de seguridad que rigen en el Perú
- Mostrar la importancia de un buen análisis de restricciones para evidenciar que una restricción puede ser levantada por una o más áreas de soporte.
- Extender el Lookahead hacia las áreas de soporte
- Realizar un listado con la clasificación de los tipos de trabajos del Nivel General de Actividad.
- Realizar un ejemplo de evaluación que relacione los resultados obtenidos con la metodología propuesta.

PLAN DE TRABAJO:

El presente trabajo está dividido en tres partes:

1. Marco teórico: Se hace un breve repaso del Sistema Last Planner y de los métodos de optimización de procesos productivos y seguros. También se analiza la Norma G050 y la Ley 29783. Finalmente se describe la metodología de integración propuesta por Brioso (2015)
2. Metodología de la investigación :
 La primera parte de la metodología consiste en enfatizar el uso de la planificación colaborativa durante todas las etapas del Sistema Last Planner, principalmente en la etapa del Lookahead. Asimismo se recalca la importancia de las áreas de soporte y se propone que cada área elabore su propio Lookahead a partir de las restricciones de producción y donde indique las propias.
 La segunda parte toma la metodología de integración propuesta por Brioso (2015) la cual permite clasificar los tipos de trabajos Productivos, Contributivos, No Contributivos y a la vez determinar bajo que actos y condiciones estándar o sub estándar se ejecutan. Estos indicadores permiten conocer el grado de productividad y seguridad de manera simultánea en obra.
 Finalmente se utilizó la metodología propuesta para evaluar mediante encuestas y trabajos de campo el estado inicial de una empresa constructora local que usa el Lean construction con el fin de conocer si usaban correctamente el Sistema Last Planner y a la vez determinar sus indicadores de productividad y seguridad. Esta evaluación ayudó a determinar oportunidades de mejora y medidas correctivas.
3. Conclusiones y recomendaciones: Finalmente se dan las conclusiones y recomendaciones acerca lo elaborado en la tesis. Se concluye acerca de una correcta aplicación del Sistema Last Planner y de la importancia de los indicadores de seguridad y productividad donde se exhorta a seguir buscando la excelencia en cuanto de ambos términos.

Máximo: 100 páginas

VB°
 Dr. Rafael Aguilar
 Director de Investigación



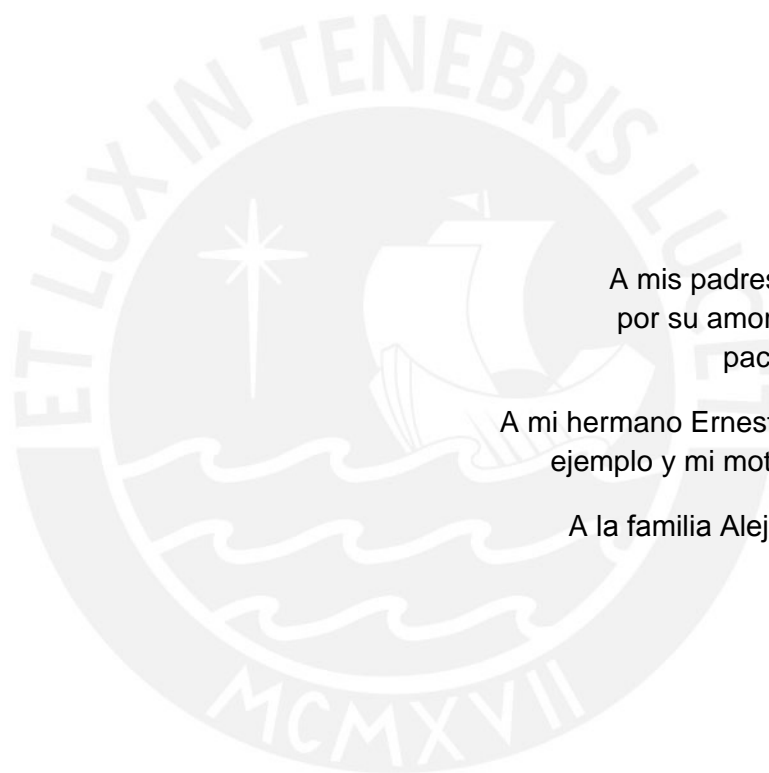


AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer de manera muy especial a mi asesor el PhD. Xavier Brioso, quien confió en mí para iniciar y culminar este proyecto, por su pasión por la investigación, su tiempo y comprensión.

A mis amigos de universidad que se volvieron hermanos que uno elige para toda la vida, entre ellos Victor, Javier, Paul y mi mejor amiga Ángela.

A mis amigos de la facultad del Hormigón Armado por ser una gran familia y por construir conmigo recuerdos hermosos de mi paso por la universidad.



DEDICATORIA

A mis padres Luisa y Ernesto,
por su amor incondicional, su
paciencia y esfuerzo.

A mi hermano Ernesto por ser un gran
ejemplo y mi motivación constante

A la familia Alejos Arauco por su
apoyo y amor.

1	PRESENTACIÓN	1
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo principal	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Alcances	3
1.4	Hipótesis	4
2	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Filosofía lean en la construcción	4
2.1.1	Comparación de la metodología Lean con la metodología tradicional	7
2.1.2	Sistema Last Planner	8
2.1.3	Productividad y clasificación de los tipos de trabajos de producción	12
2.2	Seguridad en obra: Actos y condiciones estándar y sub estándar	13
2.3	Optimización de procesos productivos y seguros	18
2.3.1	Muestreo de trabajo	18
2.3.2	Carta balance (Balance chart)	20
2.3.3	Levantamiento en campo, seguridad basada en el comportamiento	20
2.3.4	Metodología de integración de tipos de trabajos con condiciones/actos estándar y sub estándar	21
3	METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA EN LA ETAPA DEL LOOKAHEAD PARA OPTIMIZAR TRABAJOS PRODUCTIVOS Y SEGUROS	25
3.1	Relación de seguridad, productividad y áreas de soporte	25
3.2	Implementación del In process Planning en el sistema Last Planner	26
3.2.1	Plan Maestro	26
3.2.2	Plan de fases (Pull planning)	27
3.2.3	Lookahead de producción y de áreas de soporte	29

3.2.4 Metodología de integración	49
4 EVALUACIÓN DE UNA EMPRESA PERUANA EN EL USO DEL SISTEMA LAST PLANNER MEDIANTE DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	50
4.1 Herramientas	50
4.2 Análisis de la empresa.....	52
4.2.1 Estado organizacional de la empresa.....	52
4.2.2 Uso del sistema last planner.....	54
4.2.3 Reglamento interno de seguridad y salud de la empresa constructora 55	
4.3 Evaluación Utilizando la metodología de integración.....	56
4.3.1 Clasificación de tipos de trabajo	56
4.3.2 Estadística utilizada	57
4.3.3 Resultados obtenidos	58
4.4 Comparación del nivel general de actividad de investigaciones anteriores y el presente estudio	66
4.5 Correlación estadística de accidentes mortales, serios y menores con los tipos de trabajos según la nueva definición.....	69
4.6 Ejemplo de uso de la Carta Balance utilizando la metodología de integración en obra	74
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones	79
6 BIBLIOGRAFÍA	81

1 PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

En el año 2007 el país experimentaba una estabilización económica y gran crecimiento reflejado con un del PBI del 9% respecto al año anterior, alcanzando una suma de US\$109 217 millones, otro punto importante fue que la inflación se había estabilizado lo que posibilitó la reducción de las tasas de interés y en consecuencia ocasionó mayor acceso a los créditos en distintas modalidades. Asimismo la capacidad adquisitiva de la población aumentó, lo que fue determinante para que se genere un incremento en la demanda de viviendas. Todos estos factores se combinaron para que se genere el conocido boom inmobiliario.

Bajo este contexto es que muchas de las empresas inmobiliarias locales han enfocado sus esfuerzos en mejorar las viviendas que ofrecen y a la vez han encontrado por conveniente estandarizar sus productos pues mientras más estándar sea lo que se produce, menos pérdidas ocurren y más utilidades se generan. Es así que se ha visto y se ve por conveniente adoptar nuevos sistemas de gestión, siendo uno de ellos la filosofía Lean Construcción y su herramienta el Last Planner System (El último planificador). Asimismo debido a este crecimiento el gobierno determinó por establecer normas y leyes que regulen la seguridad de los trabajadores en cada obra de construcción y es por ello que actualmente contamos con la Norma G050 y la Ley 29783.

Según el Lean Construction Institute (LCI 2016) el Sistema Last Planner posee las siguientes herramientas para toda la ejecución del proyecto: El Plan Maestro, Pull Planning, Lookahead, Plan semanal y Porcentaje de Plan Cumplido (PPC). Para el éxito en el desarrollo del sistema se trabaja midiendo y mejorando la productividad (eficiencia del uso de los recursos para terminar un proyecto en un tiempo determinado). Para medir este término en obras de construcción se pueden usar dos herramientas, una de ellas es el Nivel General de Actividad y el otro la Carta Balance. Con ambas se logra determinar en porcentaje cuantos de los trabajadores, de la obra en estudio, se encuentra realizando trabajos productivos (que generen avance valor), trabajos contributivos (que ayuden a generar valor) y los No contributivos (los que no generan ni ayudan a generar valor). Es así que la obra mide su productividad, también se enfoca en mejorar y en algunos casos es posible comparar éstos porcentajes con estándares internacionales. Por otro lado, respecto a la seguridad, también existe un método para medir en porcentaje

cuántos actos y condiciones estándar y sub estándar (seguros y no seguros) están ocurriendo en obra.

La idea de la presente tesis surge en base a dos problemáticas: una de ellas se da al observar que varias empresas que mencionan hacer uso del sistema Last Planner terminan sólo usando la fase de elaboración del Lookahead dejando de lado el resto de herramientas que son necesarias de usar. La segunda problemática es que si bien es cierto se realizan mediciones para conocer la productividad y seguridad en obra, éstas mediciones se hacen por separado dándole prioridad a la medición de la productividad y dejando en segundo plano a la seguridad. Se debe resaltar que para afirmar que un trabajo sea productivo también debe ser seguro y por lo general se encuentra que sólo se está considerando la productividad más no la seguridad.

El objetivo de esta investigación es implementar una metodología la cual contenga dos partes: una de ellas es el uso de la planificación colaborativa a lo largo del sistema Last Planner en donde se busca repasar las herramientas que deben ser usadas y se recomienda ejecutar cada fase de manera coordinada con todos los implicados desde contratistas, ejecutores, cliente y todas las áreas de soporte. La segunda parte usa la metodología de integración propuesta por Brioso (2015) con el fin de mostrar unificadamente los índices de los tipos de trabajos (Productivos, Contributivos y No Contributivos) y bajo qué actos y condiciones -ya sean estándar o sub estándar- se están realizando. Estos porcentajes encontrados se pueden relacionar con los índices de accidentabilidad que se registran en obra cada determinado tiempo.

La relación de las dos partes mencionadas se da cuando al obtener indicadores bajos de productividad y seguridad es debido a que hay alguna falencia en el uso del sistema Last Planner y para mejorar estos indicadores es que se propone el uso de la planificación colaborativa.

En base a este objetivo fue necesario el estudio de un caso real que demuestre la importancia del uso de esta metodología. El análisis se basó en estudiar dos obras en Lima Metropolitana para obtener su estado organizacional, el uso del sistema Last Planner y sus índices de productividad y seguridad todo en base a encuestas y filmaciones in situ.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

Dar a conocer la importancia del uso de la planificación colaborativa a lo largo del sistema Last Planner en especial entre el área de producción y las áreas de soporte en la etapa de la elaboración del Lookahead. Asimismo implementar un método de evaluación para las obras en construcción, que permita medir los tipos de trabajos (Productivos, Contributivos y No Contributivos) y los actos y condiciones estándar y sub estándar de manera simultánea al que se llamará Metodología de integración (Brioso 2015) con el fin de demostrar que ambos indicadores son igual de importantes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar una breve descripción de las herramientas del sistema Last Planner
- Difundir la norma y leyes de seguridad que rigen en el Perú
- Mostrar la importancia de un buen análisis de restricciones para evidenciar que una restricción puede ser levantada por una o más áreas de soporte
- Extender el lookahead hacia las áreas de soporte
- Realizar un listado con la clasificación de los tipos de trabajos del Nivel general de actividad
- Realizar un ejemplo que relacione los resultados obtenidos de usar la metodología de integración con los índices de accidentabilidad

1.3 Alcances

El presente trabajo presenta el uso del sistema Last Planner y una metodología de integración que permita medir la productividad y seguridad de obra en el rubro de construcción de viviendas multifamiliares.

Para cumplir con dicha productividad se verán los recursos utilizados como: mano de obra, materiales, herramientas y equipos.

Se evaluó el uso del sistema Last planner y el nivel de productividad y seguridad de cada obra, para ello se realizaron filmaciones recorriendo la obra de manera aleatoria y grabando la actividad que realizaba cada trabajador teniendo especial

importancia por los actos y condiciones estándar y sub estándar en los que se encontraba.

a) Tipo de empresa:

Para el presente trabajo se consideró una empresa formal constituida en el rubro inmobiliario, la cual se encuentra con varios proyectos en la ciudad de Lima. Se sabe que practica la filosofía del Lean Construction.

b) Tipo de proyecto:

Se consideraron proyectos dentro del rubro de construcción de viviendas multifamiliares.

c) Etapas del proyecto:

Los dos proyectos en estudio tienen etapa de casco estructural, albañilería y un porcentaje mínimo de acabados.

d) Ubicación del proyecto:

Ambos proyectos se encuentran en Lima Metropolitana.

1.4 Hipótesis

Es posible proponer un método de planificación mediante el uso del Sistema Last Planner que integre indicadores de productividad y seguridad simultáneamente.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Filosofía lean en la construcción

Es en los años 90 cuando el concepto de Toyota basada en la identificación y eliminación de pérdidas migra hacia la construcción. En 1992 con los estudios de Lauri Koskela de flujo interrumpido y en 1994 con Glenn Ballard acerca del sistema Last Planner (el último planificador) es cuando se empieza el estudio acerca de las mejoras en el proceso de construcción entendiendo todo lo que implica desde el proceso de producción hasta el producto final.

Tal como se mencionó Lauri Koskela (1992) empieza a implementar las nuevas tendencias de producción manufacturera en la construcción con su estudio titulado “Application of the new production philosophy to construction”.

En este estudio se mencionan once principios fundamentales del nuevo enfoque de la producción:

1. Reducción de las actividades que no tienen valor añadido:

Al momento de subdividir un proceso global en subprocesos es cuando mayor pérdida se genera. Para ello se debería ejecutar un diagrama de flujo y analizar todo el proceso identificando las actividades que no agregan valor y eliminarlas.

2. Reducción de la variabilidad:

El factor de la variabilidad en la construcción es muy alto. Son dos los motivos que menciona Koskela por los cuales es importante tener en cuenta este factor:

- El cliente prefiere la uniformidad
- La variación en la duración de una actividad genera pérdidas. Pues cuanto más aumentan es debido a que se añaden procesos que no agregan valor.

Para reducir esta incertidumbre de variabilidad es necesario formar procesos sistematizados.

3. Reducción del tiempo de ciclo:

El tiempo del ciclo consta de: procesamiento, tiempo de espera, inspecciones y transporte. Una notable mejora en la reducción del tiempo se ve cuando se cortan los procesos que no agregan valor pero que generan prolongación de tiempo en el ciclo.

4. Simplificar el proceso reduciendo el número de pasos y de partes:

El valor final de un producto o proceso se ve incrementado por su complejidad. Es muy común que para sacar el costo de un producto o proceso se considere el costo del material más la mano de obra, sin embargo no se tiene en consideración los costos adicionales.

Estos costos adicionales que generan aumento en el costo pueden ser reducidos de la siguiente manera:

- Sistematización de las actividades para reducir el flujo.
- Respetando el diseño y no generando cambios.
- Normalización de partes, piezas, herramientas.

- Planeamiento eficaz de la producción.

5 Aumentar el valor final del producto a través de un examen metódico de los requisitos del cliente:

Es importante tener en cuenta los requerimientos del cliente dentro del todo proceso de la construcción. Estos requerimientos pueden ser obtenidos mediante experiencias previas o también mediante estudios de mercado, el cual puede ser ejecutado por el área de marketing.

6. Aumentar la flexibilidad del producto

El aumentar la flexibilidad se refiere el poder modificar el producto final sin que genere costos adicionales considerables al presupuesto inicial.

Para lograr tener flexibilidad en la producción se debe de tener en cuenta:

- Reducir en lo mínimo el sector a trabajar para poder satisfacer la demanda inmediata.
- Minimizar los procesos constructivos complejos.
- Formar cuadrillas con mano de obra calificada.

7. Aumentar la transparencia del proceso:

Es importante que se tenga presente que los procesos sean totalmente transparentes, visibles y comprensibles para todos los trabajadores.

Por ello se pueden utilizar medios físicos que hagan una exposición pública de los procesos

8. Enfocar el control del proceso completo:

Cuando se tienen contratistas y proveedores generalmente cada uno define su subproceso como un proceso global, dejando así de lado el objetivo global que es generar un proceso integrado. Por ello es bueno el formar alianzas y buenas vías de comunicación con los proveedores y subcontratistas.

9. Construir una mejora continua del proceso:

Para lograr mejoras continuas se debe de tener en cuenta que la disminución de pérdidas y generación de valor al producto se logran a partir de:

- Estableciendo metas en cada parte del proceso.
- Medición y seguimiento del proceso.
- Comprometer a todos los empleados con la mejora continua. En la cual se les exija ser recompensados
- Establecer procedimientos estandarizados.

10. Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones:

La introducción de nuevas tecnologías en los flujos hacen que se disminuya la variabilidad de los flujos y a su vez disminuye las necesidades de mayor capacidad de producción en las actividades de conversión.

11. Benchmarking:

Conocido también como un proceso de referenciación de empresas, el cual consiste en la observación y adopción de buenas prácticas de otras empresas. Para lograr un cambio significativo es básico evaluar las fortalezas y debilidades de la propia empresa para poder compararlas con las que sean líderes del sector.

2.1.1 Comparación de la metodología Lean con la metodología tradicional

Es importante el poder comparar la producción desde el punto de vista convencional y desde la filosofía Lean Construction. Básicamente el concepto de productividad es el que genera la diferencia entre ambas metodologías. El Lean construction considera a la productividad como una serie de actividades que generan valor y flujos que no generan valor. En cambio la metodología convencional considera a la producción como una serie de actividades sin importar si generan o no valor. A continuación se presenta un cuadro comparativo donde se explica un poco más a detalle la diferencia entre ambas metodologías.

Tabla 2.1-1 Comparación entre producción tradicional y producción Lean construction (Adaptada de Alarcón Fernando, 2009)

	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN CON LEAN CONSTRUCTION
Concepto	La producción está formada por una serie de actividades (conversiones que pueden o no agregar valor).	La producción consiste en actividades (conversiones) que agregan valor y flujos que no agregan valor.
Objetivo	Se enfoca a los productos y servicios	Se enfoca en todas las actividades de la empresa.
Modo de ejecución	Ejecutada como órdenes superiores	Ejecutada por convicción
Metodología	Detectar y prevenir	Prevenir
Clientes	Externos, ajenos a la empresa	Externos e internos
Responsabilidad	Departamento de calidad	Todos los miembros de la empresa
Control	Costo de las actividades	Costo de las actividades, tiempo y valor de los flujos.
Mejora	Consta de implementación de nuevas tecnologías	Mejora de la eficiencia con la mejora de procesos de manera continua, la reducción del tiempo de los flujos e implementación de tecnologías.

2.1.2 Sistema Last Planner

La producción tradicional se basa en la planificación de actividades de “Transformación” dejando de lado las actividades de flujo (esperas, transportes, inspecciones, etc.). Las cuales generan consumo de tiempo, dinero y afectan directamente a la productividad.

Con el sistema Lean construction se tuvieron nuevos enfoques. Uno de ellos fueron los de Glen Ballard y A Howell (LCI 2016) quienes empezaron a desarrollar el sistema Last Planner (Último planificador).

Tanto en la producción tradicional como en la del Last Planner se presentan tres fases: lo que se debe hacer, lo que se puede hacer y lo que se hará.

Con el nuevo enfoque propuesto por Ballard, la gestión de la producción se concentra más en la fase de “lo que se puede hacer”. Mientras mayor sea la posibilidad de ejecutar esta fase, mayor será la probabilidad de ejecutar lo planificado. Para poder ampliar el conjunto de las cosas que pueden ejecutarse, el planificador debe gestionar que cada actividad a realizarse cuente con los recursos suficientes y que esté liberado de restricciones (Ballard 2000). Es en vano que solo se piense en un avance rápido y continuo si es que en el camino de cada actividad se encontrarán impedimentos que no permitan realizar todo lo planeado.

El sistema Last Planner se basa en los siguientes principios (Ballard 2000):

- Se planea con mayor detalle a medida que se acerca el tiempo de ejecutar el trabajo.
- Se generan planes de colaboración con los trabajadores implicados en el trabajo.
- Analiza, menciona y soluciona las restricciones de cada trabajo de manera conjunta.
- Se encarga de hacer promesas que sean confiables y factibles.
- En caso de no realizar sus promesas se encuentra la causa. Para en futuros trabajos prever y aprender de los errores.

Se puede resaltar tres fases importantes del sistema Last Planner:

Tabla 2.1-2 Las tres fases del sistema Last Planner (adaptación de Ballard 2000)

Se Debe	Se Puede	Se Hará
Planificación a Largo plazo	Planificación a mediano plazo	Planificación a corto plazo
PLAN INICIAL	LOOKAHEAD	PLAN SEMANAL
Plan maestro	Preparación del trabajo	Identificar lo que se puede ejecutar
Plan de fases	Análisis de restricciones	Lo que se hará de acuerdo a compromisos

Se desarrolla continuación un resumen de las fases mencionadas (Ballard 2000, LCI 2016):

1. **Se debe :**

1.1. **Plan maestro (Master Scheduling):**

Es en esta etapa donde se ven todas las actividades del proyecto. Se logra establecer relación entre ellas de espacio y tiempo y se fijan hitos para los plazos determinados definiendo el alcance de cada actividad. Con esto se logra realizar el programa del proyecto, asimismo se elabora el presupuesto del mismo.

Para poder ejecutar un correcto plan maestro se debe de identificar y fijar a los responsables del cumplimiento de cada actividad así como a los proveedores y subcontratistas que intervienen.

El plan maestro influye al plan de gestión del proyecto, los cuales se articulan con el cronograma maestro del cual se derivan los planes de gestión, calidad, seguridad, etc.

Es importante resaltar al plan de gestión de seguridad pues esta normado según Ley. El contenido de este plan se mencionará en el ítem 2.2.

1.2 **Plan de fases (Phase “Pull” planning):**

Se maneja este plan para ejecutar una fase específica del proyecto. Generalmente es realizado por el grupo el cual es responsable de ejecutar el trabajo, como: ingenieros, arquitectos, contratistas, dueños, diseñadores, capataces.

El grupo empieza por las conclusiones del trabajo y van del final al inicio, encontrando en el camino una serie de necesidades para ver terminada cada actividad e incluso para iniciarla.

Dentro de la reunión que se elabora, es común que se tenga una pared grande con papelógrafos donde cada grupo establece la duración de su parte en el trabajo y sus necesidades. Coordinan y acuerdan compromisos para que puedan cumplir con la fase.

Se recomienda que cada grupo entre a la reunión con previo conocimiento de la fase que tratarán, así pueden tener más claros los tiempos que manejarán y las posibles restricciones que tengan y las promesas que podrán realizar.

2 Se puede (Planificación intermedia):

La planificación intermedia es más conocida como “Lookahead planning”. Esta planificación subdivide el planeamiento global en procesos más pequeños en los cuales se establecen objetivos claros y con plazos determinados.

Se desarrolla según el proceso constructivo y dura entre 4 y 6 semanas dependiendo de las características del proyecto.

El objetivo principal es reconocer y establecer lo que se puede hacer del programa general, además, de analizar las restricciones para que puedan ser levantadas y permita ejecutar lo programado.

3 Se hará (Planificación semanal) :

Se realiza según las actividades cumplidas en la semana anterior, de acuerdo a la planificación intermedia, teniendo en cuenta las restricciones encontradas y levantándolas debidamente a tiempo.

Como el tiempo a ejecutar las actividades es de una semana se puede planear con mayor detalle y se logra eliminar un gran porcentaje de incertidumbre.

Se sugiere realizar reuniones semanales en donde se vea acerca de la programación de la semana que paso y de la semana entrante.

En caso de que no se hayan podido cumplir todo lo planeado se analizan las causas de incumplimiento, lo cual ayuda a una retroalimentación que puede inclusive modificar la programación intermedia y el plan maestro.

4 Aprendizaje :

Se mide el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) lo cual desencadena en el análisis del por qué de las causas de incumplimiento. Así se desarrolla e implementa las lecciones aprendidas.

2.1.3 Productividad y clasificación de los tipos de trabajos de producción.

Serpell (1999) sostiene que la productividad es “una 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”

Se podría decir que a una mayor productividad se tiene una mayor producción utilizando los mismos recursos.

Se puede clasificar el trabajo realizado por el personal obrero en tres categorías: (Oglesby et al. 1989 y Serpell, 1993):

-Trabajo Productivo (TP):

Son las actividades que aportan directamente a la producción de alguna de las unidades de construcción, genera avance. Por ejemplo: Vaciar concreto, colocar acero vertical u horizontal.

-Trabajo Contributivo (TC):

Son los trabajos necesarios para poder realizar los trabajos productivos, sin embargo, no aportan valor a la unidad de construcción. No aporta valor para el cliente. Algunos autores lo consideran como pérdidas en una segunda categoría. Como ejemplos tenemos los siguientes:

- Transporte de material.
- Ir a los servicios higiénicos

- Dar y recibir instrucciones
- Otras labores de apoyo.

-Trabajo No Contributivo (TNC):

Trabajo realizado por los trabajadores los cuales no generan valor ni contribuyen a que se genere los trabajos productivos. Estas actividades se consideran pérdidas. Por ejemplo: Viajes sin llevar objetos o viajes que no contribuyan a un trabajo productivo o contributivo, descansos en horas de trabajo, esperas, trabajos rehechos.

2.2 Seguridad en obra: Actos y condiciones estándar y sub estándar

Actualmente, en nuestro medio tenemos una normativa legal para el rubro de la construcción la cual es considerada como una actividad de alto riesgo. Se cuenta con la Norma G050 Seguridad y Salud durante la construcción (2009) y la Ley Nro. 29783 de Seguridad y Salud en el trabajo (2011) donde se decreta que los sistemas de gestión y seguridad en todas las empresas.

La ley establece responsabilidad civil y penal para la alta dirección de las empresas en caso no tomen las medidas necesarias preventivas y correctivas para que los trabajadores desarrollen sus actividades con seguridad.

Para el cumplimiento de los estándares de seguridad en el trabajo nos basaremos en la norma G050, dentro de los requisitos que abarca tenemos lo siguiente:

- Equipo de protección individual
- Protecciones colectivas
- Herramientas manuales y equipos portátiles
- Protección en trabajos con riesgo de caída
- Uso de andamios
- Orden y limpieza
- Protección contra incendio
- Manejo y movimiento de cargas

El cumplimiento o no de estos requisitos nos permite determinar los actos y condiciones estándar y sub estándar en los cuales se encuentra trabajando el personal.

2.2.1 Ley Nro. 29783:

Esta ley fue promulgada en el Diario Oficial El Peruano con fecha 20 de agosto del 2011, cuyo objetivo es promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país entre: El Estado, el empleador y los trabajadores. Dentro de lo más resaltante mencionaremos los siguientes

a. Las obligaciones del empleador son:

- Asegurar que toda la organización acepte y asuma la responsabilidad acerca de la seguridad y salud en el trabajo.
- Establecer, aplicar y evaluar una política y programa respecto a la seguridad y salud en el trabajo.
- Cumplir con los principios del SGSST (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo).
- Garantizar que los trabajadores y sus representantes adopten las medidas necesarias para realizar trabajos plenos.
- Dar todos los recursos necesarios para asegurar que los responsables cumplan con lo establecido.

b. Plan de seguridad según ley:

El plan debe realizarse desde la elaboración del presupuesto de la obra para estimar los costos de su implementación.

1. El Jefe o Residente de obra es responsable directo de su implementación.
2. Todo ejecutor en obra sean contratistas o subcontratistas deben cumplir lo planteado.
3. La norma señala los requerimientos mínimos del plan a realizar:
 - Objetivos
 - Descripción del sistema de Seguridad y Salud de la empresa
 - Responsabilidades
 - Elementos del plan:

- Objetivos y metas de mejora
 - Requisitos legales
 - Planos para la instalación de protecciones colectivas
 - Procedimientos de trabajo de alto riesgo
 - Análisis de riesgos y acciones preventivas
 - Programa de inspecciones y auditorías
 - Gestión de no conformidades
 - Mecanismos de supervisión y control
 - Programa de capacitación
 - Plan de respuesta a emergencias
4. Investigación de accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales
- Se formará una comisión encargada de la investigación la cual presentará un informe que deberá contener como mínimo los datos del trabajador, las circunstancias, el análisis de causas y las acciones correctivas.
 - Se realizará una estadística de accidentes y enfermedades ocupacionales. Además se llevará un registro de las enfermedades profesionales.
 - Los índices de seguridad propuestos son: Índice de frecuencia mensual, de gravedad mensual, de frecuencia acumulado, de gravedad acumulada y accidentabilidad.
5. Calificación de empresas contratistas
- Abarca los lineamientos para la calificación de empresas contratistas cuando se quiera adjudicar obras públicas y privadas. Se califica en tres partes con un porcentaje distinto para cada parte:
- ✓ Plan de seguridad y salud de la obra (40%):
 - Costo de implementación del plan el cual debe de estar incluido en el presupuesto de la obra.
 - Análisis de riesgos de la obra con identificación de actividades críticas y procedimientos de trabajo.
 - Programa de capacitación y sensibilización, el cual debe de incluir una charla de inducción (mínimo 60 minutos), charlas semanales (mínimo 30 minutos) y charlas de inicio de jornada (10 minutos)

- ✓ Índice de frecuencia anual de los tres últimos años (30%)
- ✓ Certificado de buen desempeño en seguridad y salud otorgado por el Ministerio de Trabajo (30%)

Dentro de los elementos del plan de seguridad mencionados se encuentran las programaciones y auditorías donde se evalúa a la obra supervisando bajo que actos y condiciones laboran los trabajadores los cuales pueden ser actos estándar o sub estándar

c. Paralización de obra:

Si se da el caso de que los inspectores verifiquen un inminente riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores debido a la falta de cumplimiento de la norma sobre prevención de riesgos laborales, están en la facultad de ordenar la inmediata paralización de las tareas o incluso de la obra. Además de ello la empresa debe encargarse de los pagos o indemnización a favor de los trabajadores afectados.

d. Código Penal del artículo 168-A

Artículo incorporado por la Cuarta Disposición Complementaria Modificatoria de la Ley N° 29783, publicada el 20 agosto 2011. Posteriormente la citada Disposición fue modificada por el Artículo 2 de la Ley N° 30222, publicada el 11 julio 2014, quedando el presente artículo redactado de la siguiente manera:

"Artículo 168-A. Atentado contra las condiciones de seguridad y salud en el trabajo"

"El que, deliberadamente, infringiendo las normas de seguridad y salud en el trabajo y estando legalmente obligado, y habiendo sido notificado previamente por la autoridad competente por no adoptar las medidas previstas en éstas y como consecuencia directa de dicha inobservancia, ponga en peligro inminente la vida, salud o integridad física de sus trabajadores, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Si, como consecuencia de la inobservancia deliberada de las normas de seguridad y salud en el trabajo, se causa la muerte del trabajador o terceros o le producen lesión grave, y el agente pudo prever este resultado, la pena privativa de libertad será no menor de cuatro ni mayor de ocho años en caso de muerte y, no menor de tres ni mayor de seis años en caso de lesión grave.

Se excluye la responsabilidad penal cuando la muerte o lesiones graves son producto de la inobservancia de las normas de seguridad y salud en el trabajo por parte del trabajador."

En resumen:

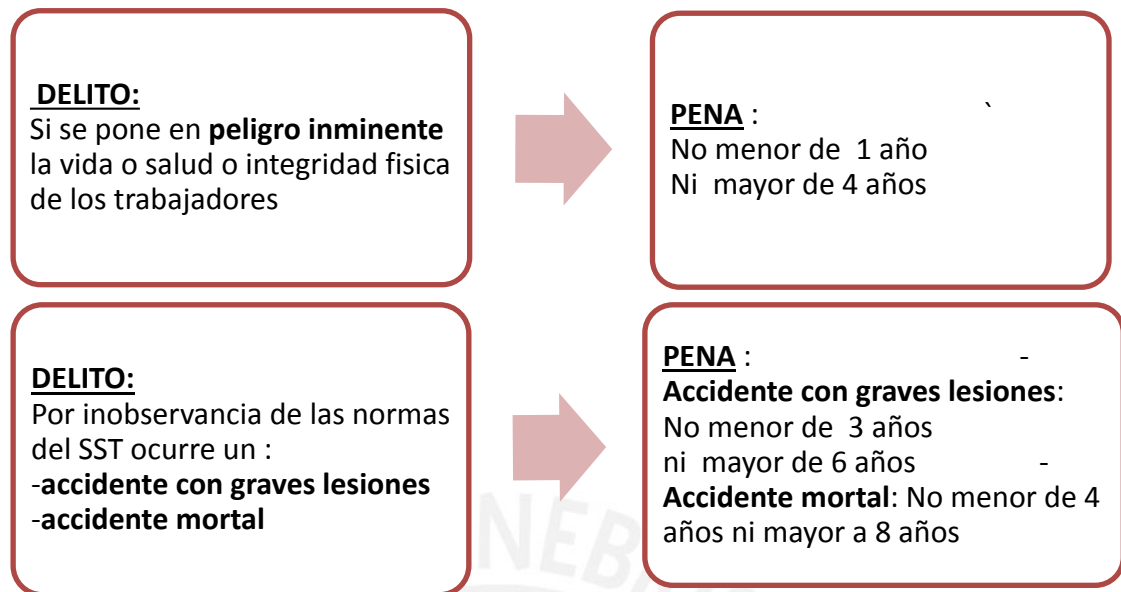


Figura 2-1 Delito y pena según Art- 168 A del Código Penal Peruano

Es pues obligación de todos, sean empleadores o empleados cumplir con la norma y ley que rigen nuestro marco legal en cuanto a la seguridad en obras.

Es importante que se puedan reducir las probabilidades de accidentes, es por ello que a continuación se mencionan las definiciones de los actos y condiciones estándares y sub estándares en los que un trabajador pueda estar laborando. Estas definiciones han sido obtenidas acorde al reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (2012)

a) Acto estándar (AE): Es todo acto del trabajador que cumple con las normas y procedimientos correctos.

b) Actos sub estándar(AS): Es todo acto u omisión del trabajador que lo aleja de efectuar una tarea bajo las normas y procedimientos estipulados poniendo en peligro su vida y en ocasiones la de los demás.

Por ejemplo:

- Realizar trabajos no autorizados
- No usar el equipo de protección personal.
- Usar equipo defectuoso
- Hacer mantención a equipos en movimiento.
- Consumir alcohol, etc.

c) Condición estándar (CE): Referido a las condiciones seguras donde se encuentre un trabajador. Minimiza los riesgos de accidentes.

d) Condición sub estándar (CS): Puede o no depender del trabajador, es referido a la presencia de riesgo en el ambiente de trabajo debido a las instalaciones, equipos o proceso de trabajo.

Por ejemplo:

- Espacios desordenados y/o sucios
- Ventilación e iluminación defectuosa
- Escaleras sin pasamanos
- Losas sin parantes de seguridad

2.3 Optimización de procesos productivos y seguros

La optimización de procesos se da tanto en la productividad como en la seguridad. A continuación se presentan en principio dos maneras en las cuales se puede medir y obtener los porcentajes de los tipos de trabajos (TP,TC,TNC): Nivel general de actividad o Carta Balance. Seguidamente se utilizará el método utilizado para medir los actos y condiciones estándar y sub estándar en obra (Seguridad basada en el comportamiento). Finalmente se mostrará una nueva metodología la cual propone medir los tipos de trabajos (TP,TC,TNC) y simultáneamente medir los actos y condiciones estándar y sub estándar en las cuales se encuentra laborando el trabajador: Metodología de integración (Brioso 2015), esta metodología utiliza la técnica del muestreo de trabajo junto con el método de la seguridad basada en el comportamiento pero a diferencia de las dos metodologías mencionadas, esta permite obtener una fotografía real de la productividad y seguridad de manera simultánea en obra.

2.3.1 Muestreo de trabajo

Se basa en analizar resultados de observaciones para determinar que están haciendo los trabajadores individualmente en instantes específicos de tiempo (Oglesby et al., 1989), es así como se mide el tan conocido Nivel de actividad de

una operación (Serpell, 2002), obteniendo una foto de la situación particular en que se hicieron las mediciones ((Oglesby et al., 1989).

Oglesby (1989) menciona que con una muestra representativa lo suficientemente grande como para ser válida estadísticamente, se puede predecir una característica del proyecto o del proyecto en su totalidad. Es cierto que la predicción pueda no ser exacta sin embargo los resultados son suficientes como para simular una situación real para que permita analizarla y tomar acciones correctivas.

Siguiendo a Serpell (2002), es importante que la muestra tenga las siguientes características de consistencia:

1. La condición de cada unidad inspeccionada debe de ser independiente de las otras unidades.
2. Cada unidad debe de tener la misma probabilidad de ser elegida.
3. Las características básicas del lote escogido para el muestreo deben permanecer constantes.

Para poder medir el grado de certeza de muestreo, se usa el método de estimación de proporciones (los resultados obtenidos se expresan en proporciones).

La probabilidad de ocurrencia de un evento se puede estimar mediante la secuencia de Bernoulli, como una proporción de las ocurrencias del mismo, en donde $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, son "n" ensayos independientes y cada x_i es una variable aleatoria donde "i" puede tomar el valor de 1 cuando ocurre o de 0 cuando el evento no ocurre en el ensayo "i". El parámetro "P" corresponde a la probabilidad y se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{1}{N} \sum X_i \dots \dots \dots (1)$$

Según el teorema del Limite Central. En que para un "n" grande, "p" tiende a distribuirse de forma normal, y a partir del intervalo de confianza, se puede medir el rango de error en cada sentido con la formula (2).

Estadísticamente la muestra puede ser validada a partir de tres conceptos:

1. Nivel de confianza: Provee la confiabilidad del resultado.
2. Límite de error: Da la precisión del valor estimado.
3. Proporción de categoría: Es como se distribuyen las respuestas de la muestra.

El número de muestras para las condiciones requeridas se puede calcular con la fórmula (2):

$$N = K^2 \frac{P(1 - P)}{L^2} \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

L: Rango de error en ambos sentidos

N: Número de ensayos (Observaciones)

K: Valor de la variable normal estándar para un nivel de confianza

P: Confiabilidad

Con la fórmula Nro 2 presentada se obtiene que para un 95% de confiabilidad (P) y con 5% de error (L) se deben de efectuar como mínimo 384 muestras.

2.3.2 Carta balance (Balance chart)

Son la adaptación de las tablas “Hombre - Máquina” de la ingeniería industrial al sector de la construcción. Estas tablas ofrecen una manera efectiva de mostrar las relaciones de las actividades de los integrantes de una cuadrilla y los equipos que utilizan. Para poder realizar una carta balance se debe de observar y medir el tiempo utilizado por cada trabajador y maquinaria en cada tarea de una actividad. Idealmente los tiempos deben ser medidos en varios ciclos de trabajo para poder validar su precisión y variación durante los ciclos (Oglesby, Parker & Howell, 1989).

La medición debe de considerar el tiempo el que toman los trabajos improductivos. El objetivo de esta herramienta es determinar la eficiencia del método constructivo utilizado, no con el fin de buscar un mayor esfuerzo físico de la mano de obra sino el de una optimización en el método empleado.

2.3.3 Levantamiento en campo, seguridad basada en el comportamiento.

Se usan diversas técnicas y herramientas de gestión para poder conocer y medir el comportamiento de los trabajadores. Por ejemplo tenemos el sistema de seguridad basada en el Comportamiento en donde uno de los procedimientos más usados es

la medición y análisis del indicador de actos y condiciones sub estándar. Para poder realizar esto se ejecutan inspecciones de las obras con personal entrenado quienes determinan como está laborando cada trabajador y bajo qué condiciones de trabajo (Brioso 2012).

2.3.4 Metodología de integración de tipos de trabajos con condiciones/actos estándar y sub estándar

Utilizaremos una nueva clasificación de trabajos productivos y seguros propuesta en el paper “*A simple methodology for integrating productive, contributory and non-contributory Works whit safe and unsafe acts and conditions*”, Brioso 2015, Departamento de Ingeniería, PUCP, 2015.

Esta metodología utiliza el muestreo de trabajo junto con el levantamiento en campo de la seguridad basada en el comportamiento con el fin de resaltar que los trabajos productivos, contributivos y no contributivos pueden ser válidos y comparables solo cuando cumplan con actos y condiciones estándar de seguridad.

Tabla 2.3-1 New classification of production and safety works
(Fuente: Brioso, X, 2015 “*A simple methodology for integrating productive, contributory and non-contributory Works whit safe and unsafe acts and conditions*”, Lima, Peru)

Nº	CODE	PRODUCTION WORK CLASSES	ACT CLASSES	CONDITION CLASSES
1	PW-SA-SC	PRODUCTIVE WORK	STANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
2	PW-SA-SSC	PRODUCTIVE WORK	STANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS
3	PW-SSA-SC	PRODUCTIVE WORK	SUBSTANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
4	PW-SSA-SSC	PRODUCTIVE WORK	SUBSTANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS
5	CW-SA-SC	CONTRIBUTORY WORK	STANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
6	CW-SA-SSC	CONTRIBUTORY WORK	STANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS
7	CW-SSA-SC	CONTRIBUTORY WORK	SUBSTANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
8	CW-SSA-SSC	CONTRIBUTORY WORK	SUBSTANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS
9	NCW-SA-SC	NON-CONTRIBUTORY WORK	STANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
10	NCW-SA-SSC	NON-CONTRIBUTORY WORK	STANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS
11	NCW-SSA-SC	NON-CONTRIBUTORY WORK	SUBSTANDARD ACT	STANDARD CONDITIONS
12	NCW-SSA-SSC	NON-CONTRIBUTORY WORK	SUBSTANDARD ACT	SUBSTANDARD CONDITIONS

Para fines prácticos se traducirá la tabla 2.3-1 al español, obteniendo la siguiente tabla:

Tabla 2.3-2 Nueva clasificación de trabajos productivos y seguros

Tipo de trabajo	Tipo de acto	Tipo de condición	Clasificación
TP	AE	CE	TP-AE-CE
	AE	CS	TP-AE-CS
	AS	CE	TP-AS-CE
	AS	CS	TP-AS-CS
TC	AE	CE	TC-AE-CE
	AE	CS	TC-AE-CS
	AS	CE	TC-AS-CE
	AS	CS	TC-AS-CS
TNC	AE	CE	TNC-AE-CE
	AE	CS	TNC-AE-CS
	AS	CE	TNC-AS-CE
	AS	CS	TNC-AS-CS

Nomenclatura:

- TP: Trabajo productivo
- TC: Trabajo contributivo
- TNC: Trabajo no contributivo
- AE: Acto estándar
- AS: Acto sub estándar
- CE: Condición estándar
- CS: Condición sub estándar

A continuación se muestran ejemplos de los tipos de trabajos considerando los actos y condiciones de seguridad.

Tipo de trabajo	Ejemplo
TP-AE-CE	
TP-AS-CE	
TP-AS-CS	
TC-AS-CE	

Figura 2-2 Ejemplo de los tipos de trabajos considerando actos y condiciones de seguridad

Para obtener porcentajes tangibles con el Método de integración, en el presente trabajo se utilizó el siguiente formato. Las filmaciones se realizaron con una duración aproximada de una hora.

3 METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA EN LA ETAPA DEL LOOKAHEAD PARA OPTIMIZAR TRABAJOS PRODUCTIVOS Y SEGUROS.

3.1 Relación de seguridad, productividad y áreas de soporte

Es interesante el poder analizar el por qué un trabajador no cuenta o no usa alguno de sus elementos básicos de protección personal como por ejemplo los guantes de seguridad. Es entonces que se vienen a la mente las siguientes preguntas: ¿Quién es el encargado de asegurar que los trabajadores usen el EPP completo? ¿Se llegaron a pedir los suficientes EPPs? ¿Almacén cuenta con stock? ¿Se generó la Orden de compra? ¿Los tiene y nos los usa? ¿Se le capacitó o entrenó en su uso? Esta retrospectiva nos ayuda a ver que el simple hecho de que un trabajador este laborando bajo un acto o condición sub estándar implica analizar desde quien realizó el pedido de los EPPs hasta la compra, la llegada almacén y la verificación del uso de estos en obra.

Se puede decir que las variables por la que un trabajador se encuentre bajo un acto o condición sub estándar son debido a dos cosas: el trabajador no cuenta con sus implementos de seguridad pues la empresa no se los dio o el trabajador cuenta con sus implementos de seguridad y no los usa.

Lo que se propone a continuación es un intento de eliminar la variable en la que la empresa es responsable de que sus trabajadores laboren en actos o condiciones sub estándar. Es así que se propone que una buena gestión del análisis de restricciones desde la elaboración del Plan maestro, Pull planning donde se obtienen las primeras restricciones luego al realizar el lookahead se sacarán las restricciones más finas y finalmente se buscará realizar lookaheads para las áreas de soporte que contribuyen a lograr la optimización de los trabajos, aumentando los trabajos productivos, minimizando los contributivos y eliminando los no contributivos, todos bajo condiciones y actos estándar. La siguiente figura ilustra la relación mencionada:

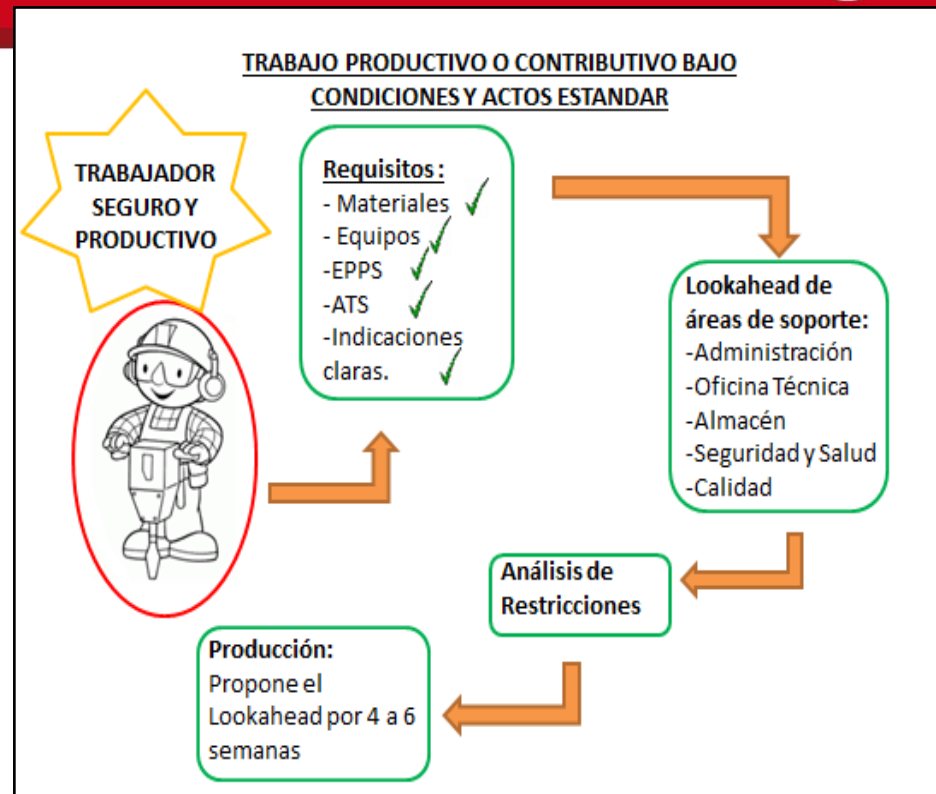


Figura 3-1 Relación de trabajos bajo estándares de seguridad y coordinación entre áreas de soporte y productividad (Elaboración propia)

Haremos un recuento desde la elaboración del plan maestro donde se realiza el presupuesto para el área de seguridad, seguiremos con el pull planning donde se identifican las primeras restricciones y finalmente se presentará el uso del in process planning más detallado en la etapa del lookahead, para afinar las restricciones tanto de productividad como de seguridad. Cabe resaltar se extenderá a elaborar un lookahead de mantenimiento de equipos y herramientas pues estos son importantes para evitar paros en el flujo de producción y minimiza las posibles condiciones sub estándar.

3.2 Implementación del In process Planning en el sistema Last Planner

3.2.1 Plan Maestro

Etapa en la cual se estudia el proyecto, se realiza el cronograma general colocando hitos importantes los cuales son fechas de fin de trabajos que determinan el avance de obra, es en esta etapa en la que se obtiene el presupuesto general la cual debe de contener también el presupuesto asignado a la seguridad.

Se recomienda que por cada hito se consideren los requerimientos de las áreas de soporte entre ellas el área de seguridad, por ejemplo para el requerimiento de Epps donde se involucran el área de seguridad, oficina técnica y almacén.

Se debe de conocer cada etapa para poder elaborar un buen presupuesto. Además se recomienda que el cronograma y presupuesto deban de ser realizados con los implicados para tener una visión más exacta y global.

3.2.2 Plan de fases (Pull planning)

El pull planning se realiza con la finalidad de generar más detalles al cronograma que se tiene. En esta reunión se ha de diseñar un tren de actividades con los responsables de obra los cuales escogerán el mejor tren y también detectarán las principales restricciones. Los involucrados deben ser las personas que hacen manejo de decisiones por ejemplo: Ingenieros, arquitectos, contratistas, capataces, cliente, etc.

Se recomienda que se cite a la reunión del pull planning con una semana de anticipación y que dentro de la semana se asegure que los involucrados tengan claro cuál será la fase que se ejecutará,

Es importante que el equipo que lidere la reunión tenga una lista con propuestas y restricciones para que pueda mencionarlas mientras se da el encuentro. Así mismo se debe de identificar las restricciones de seguridad, por ejemplo el tema de las protecciones colectivas que va variando de acuerdo al avance de obra.

Al finalizar la reunión se debe presentar un acta con todos los acuerdos tomados la cual debe ser firmada para que sea un símbolo de compromiso. Esta sería la primera reunión colaborativa.

Los materiales que se deben de utilizar para ejecutar el pull planning son los siguientes:

- Un papelógrafo de 3 a 4m
- Post Its de varios colores, un color por cuadrilla
- Plumones
- Una ayuda visual (Plano) que contenga la fase que se ejecutará

- Una hoja para anotar las restricciones
- Convocar a la gente que tome decisiones en el caso de contratistas se llamaría al dueño de la subcontrata y a el capataz.

La duración de este cronograma es entre 12 a 16 semanas (3 a 4 meses) y la reunión debe de hacerse con 6 a 8 semanas de anticipación antes de iniciar la primera semana del cronograma.

En el papelógrafo se coloca el hito al final de la fase y se empieza con la retrospectiva. A medida que se va retrocediendo cada involucrado coloca los trabajos que le corresponde elaborar, por ejemplo si el hito es: Finalizar el 5to piso, entonces la actividad que debe terminar este hito es el vaciado de concreto, una actividad anterior es el acero, una anterior es el encofrado, etc. En el transcurso de la reunión cada cuadrilla puede ver en qué momento es que le corresponde entrar y puede analizar sus restricciones.

Para que pueda ser una reunión fluida es recomendable que tanto el jefe de producción como el de seguridad tengan a la mano las restricciones generales para que puedan tener en mente que es lo que va a necesitar cada proceso y si el contratista o cuadrilla no lo mencionan entonces el jefe de campo o seguridad lo puedan mencionar y hacer así una reunión más dinámica.

Una vez terminada la reunión se identifican en los post its como es que se desarrollará la fase y se identifica donde se están generando pérdidas, también se debe de comparar los tiempos que los contratistas están considerando utilizar vs lo que se tiene en el cronograma maestro.

Esta actividad sería la primera actividad colaborativa que se hace, seguidamente viene el lookahead

Las primeras restricciones en cuanto a la seguridad pueden ser, dependiendo en cada fase, las protecciones colectivas como las mallas rachel, también la cantidad de uniformes y Epps según avance de obra, en general detectar los trabajos críticos y que demanden mayor protección.



Figura 3-2 Pull Planning, Fuente: INGECO 2013

3.2.3 Lookahead de producción y de áreas de soporte

Las áreas de soporte son importantes para poder obtener continuidad en la productividad y mantener los estándares de seguridad deseados.

Nos basaremos en el proceso del In process planning routine (Yoza 2011) para respaldar la propuesta.

Este proceso se basa en tres componentes: El lookahead de producción, el análisis de restricciones y el monitoreo de producción para reducir la variabilidad. La idea es que se logre coordinar el flujo de trabajo para reducir las pérdidas e incrementar la capacidad de realizar las metas (Ballard et. al 2001)

La rutina se enfoca en poder elaborar y generar planes de trabajo (Lookaheads) para las áreas de soporte que incorporen sus propias restricciones tal como se muestra en la figura 3.3.

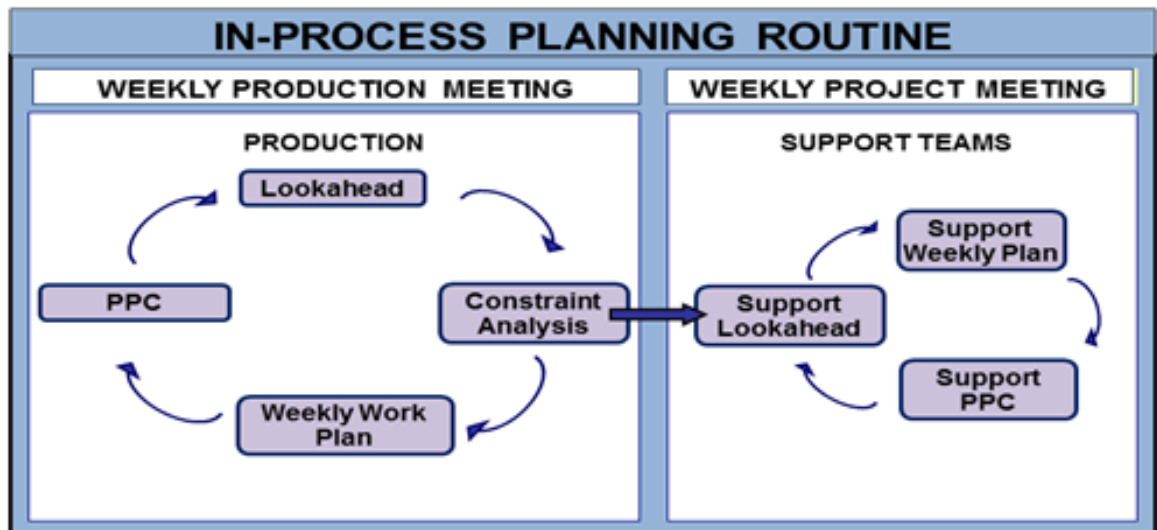


Figura 3-3 In process planning routine (Yoza, 2011)

A continuación se desarrolla la idea propuesta del In Process Planning (Yoza 2011, Rosas, Ríos, Carrera, 2011):

1. Reunión semanal de producción (Weekly production meeting): Los participantes son el residente de obra, jefe de Oficina Técnica (OT), jefe de campo, líderes de subcontratas y capataces (dependiendo los temas a tratar). En esta reunión se trata de lograr los siguientes resultados :
 - Lookahead del proyecto revisado
 - Realizar el análisis de restricciones indicando los responsables
 - Elaborar el plan semanal sin restricciones
 - Después de la reunión el jefe de OT y Residente distribuyen las restricciones a las personas indicadas de las distintas áreas de soporte para que éstas puedan elaborar su propia programación.

2. Reunión semanal del proyecto (Weekly Project meeting): En esta reunión se tiene un espacio formal para que las áreas de soporte puedan dar a conocer las dificultades que puedan tener para levantar las restricciones delegadas y también para que confirmen aquellas restricciones que son viables. Los objetivos a lograr son:
 - Se identifican las restricciones de las áreas de soporte y se establecen las acciones a tomar.

- El equipo, el proyecto en general, realiza compromisos para que puedan apoyar a las áreas de soporte a levantar sus restricciones.
 - Se logra identificar aquellas actividades que deben de ser reprogramadas
 - Se revisa y evalúa los acuerdos realizados en la reunión semanal de producción.
3. Plan semanal de trabajo: Se programa con las actividades que estén libres de restricciones. Además permite asignar los recursos necesarios para la ejecución de las tareas. Este plan es mostrado a todos los implicados.

En la figura mostrada (Figura 3.2) Se puede observar la relación entre las reuniones de producción y las del proyecto en general. Las reuniones semanales del proyecto son importantes pues son un foro donde el área de producción y las áreas de soporte coordinan acerca de las prioridades del lookahead y del análisis de restricciones generales así como las propias de las áreas de soporte. Además sirve para que se puedan manejar las posibles interferencias que puedan tener los grupos de trabajo.

El grado de coordinación entre producción y sus áreas de soporte debe de ser muy alto es por ello que es completamente necesario trabajar con métodos para obtener resultados deseados. Todo el trabajo mencionado tendrá gran impacto en la producción y en el cumplimiento de lo programado. Para nuestros fines, también aseguraremos el realizar trabajos bajo estándares óptimos de seguridad.

Como se ha indicado, es importante que podamos manejar el análisis de restricciones por ello que los siguientes puntos se basarán en la clasificación y derivación de éstas a las áreas de soporte.

3.2.3.1 Clasificación de las restricciones

Como se menciona en el capítulo 2, el sistema Last Planner traduce un proyecto desde una visión global (Plan maestro) hasta lo más específico (Plan semanal).

Es importante que se pueda reconocer las distintas restricciones en todo el proceso de construcción desde las actividades más generales a las más específicas.

Para ejecutar un buen análisis, es clave diferenciar los siguientes conceptos

Tabla 3.2-1 **Tabla conceptual de Asignaciones, actividades y tareas**
(Fuente: Glosary of Lean Construction institute web site, 2016)

Asignaciones	Actividad	Tarea
<ul style="list-style-type: none"> •Es una oferta o requisito que se ha vuelto una promesa realizable y está lista para ser colocada en el Plan de trabajo Semanal .Asimismo debe cumplir con las características de una asignación de calidad antes de la inclusión en el plan de trabajo de la semana 	<ul style="list-style-type: none"> •Una parte del trabajo con requisitos previos para que pueda comenzar, además se reconoce cuando está terminada. Otra manera de verlo es establecer los pasos para realizar una parte del trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Un fragmento identificable de trabajo.Por ejemplo: preparación de documentos de trabajo, colocación de acero, probar un sistema de aire acondicionado. Tipo y cantidad de trabajo asignado a una unidad de producción.

Para el cumplimiento de las tareas es necesario levantar todas las restricciones que el lookahead de producción pueda presentar, según el glosario del instituto de Lean Construction (LCI 2016) una restricción es: “Un elemento o requerimiento que impida iniciar, avanzar o terminar una actividad como fue planeada. Algo que se interponga en la ejecución de una tarea. No es un elemento o trabajo predecesor ya mostrado en el lookahead pero si es algo que ha sido mostrado como el nuevo requerimiento del cliente. Por ejemplo un contrato que debe ser emitido antes de comenzar un trabajo, una aprobación del arquitecto ante el cambio de un diseño, etc. Las restricciones deben ser identificadas en el *Screening Process* (Proceso de selección).”

Para poder obtener una clasificación de las restricciones se tomaron en cuenta las causas de incumplimiento, se utilizó la clasificación de Serpell (2002).

1. Ineficiencias en la administración: En el caso de manejar un número inadecuado de obreros.
2. Métodos inadecuados de trabajos.

- Falta de equipos
- Metodología errada
- Poca experiencia de parte del personal.
- Falta de comunicación.

3. Grupos y actividades deficientes

- Bajo rendimiento.
- Mala planificación de equipos

4. Problemas de seguridad y recursos humanos

5. Inapropiados sistemas de control.

6. Problemas de diseño y planificación.

Al tener estas causas de incumplimiento, se buscó obtener una clasificación de los tipos de restricciones la cual se presenta a continuación:

TIPOS DE RESTRICCIONES	
CONTROLABLES	NO CONTROLABLES
Materiales	Diseños
Equipo	Medio ambiente
Mano de obra	Proveedores
Seguridad y salud	subcontratos
Información	Otros
Actividades predecesoras	

Figura 3-4 Tipos de Restricciones

La clasificación del tipo de restricción de proveedores y subcontratistas se considerará en primera instancia, sin embargo luego del desarrollo del análisis de restricciones se verá que pertenecen al tipo de restricciones de materiales.

3.2.3.2 Áreas de soporte

Un punto importante es el definir las áreas de soporte, las cuales desempeñan una función importante para levantar las restricciones y poder realizar las tareas y actividades programadas por producción.

Según el artículo publicado por Villagarcía (2011) la organización de las constructoras peruanas consta de cinco áreas de soporte: Producción, Oficina Técnica, Administración, Calidad y Prevención y seguridad.

En el presente trabajo se ha visto por conveniente el trabajar con seis áreas de soporte: Producción, Oficina Técnica, Administración, Calidad, Prevención y seguridad y Almacén pues se considera que el área de almacén debe de ser autónomo, además es parte importante para obtener un flujo continuo en la obra pues ve los materiales, equipos y herramientas de la obra.

La descripción de las funciones de cada área de soporte es la siguiente:

- a) Oficina técnica: Área encargada de informar acerca del avance de obra tanto de producción como económico. Realiza metrados, contratos, presupuestos, cuadros comparativos, consultas del proyecto también llamados RFIs (Request for information), valorizaciones a las subcontratas y valorizaciones de la obra misma para el control interno de avance. Uno de sus principales objetivos es velar presupuesto meta de la obra.
- b) Administración: Se encarga de realizar los pagos de los servicios básicos de la obra (Luz, agua, teléfono, internet) además, de velar por el pago de salario al personal obrero. Es responsable de obtener todos los permisos municipales y mantenerlos en regla para que el proyecto avance sin problemas. También hace manejo de la caja chica de la obra.
- c) Almacén: Reparte los materiales que tenga en almacén según los requerimientos del personal. Realiza pedido de materiales, controla y verifica que todo lo solicitado por producción se encuentre en obra. Tiene como función cuidar y realizar o mandar a mantenimiento a todos los equipos y herramientas que se utilicen.
- d) Calidad: Da a conocer cambios en los planos de ingeniería a producción. También realiza protocolos de instalaciones y estructuras durante las etapas de

vaciado, albañilería y acabados. Asimismo se encarga del control de calidad de todos los materiales en obra. Básicamente asegura que la construcción se realice bajo los estándares de calidad deseados.

- e) Prevención de Riesgos: Vela por el cumplimiento de la Ley Nro. 29873 de Seguridad y salud en el trabajo y de la norma G050 de Seguridad en obras. Es por ello que realiza el plan de seguridad y salud, verifica que todo personal obrero reciba charlas de inducción y las charlas de 5 minutos diarios. Además documenta los ATS (Análisis de trabajo seguro) de todos los trabajadores. Por otro lado realiza el pedido de EPPs y verifica que todos los trabajadores cuenten con su equipo de protección personal, su objetivo es velar por la seguridad de obra minimizando los actos y condiciones inseguras.

Es importante tener en cuenta que para poder levantar las restricciones que pueda presentar producción, se tiene que trabajar con todas las áreas de soporte.

3.2.3.3 Propuestas de lookahead para cada área de soporte

El presente trabajo se basa en proyectos de edificaciones, lo cual nos permite ver las restricciones de una manera general.

En primer lugar se presentará un lookahead de producción el cual contiene las etapas de construcción de cimentación, cisterna y casco. Posteriormente se hará el análisis de restricciones que serán clasificados según los tipos que ya se ha mencionado y a la vez serán derivadas al área de soporte correspondiente. Es importante mencionar que cada restricción puede tener uno o más responsable en distintas áreas de soporte por ello la importancia de trabajar en equipo

Luego de haber disgregado cada restricción al área de soporte que pertenece, éstas proceden a elaborar su propio lookahead. La finalidad es que cada área pueda tener una visión con un horizonte de 4 o 6 semanas teniendo en cuenta que es lo que tienen que ejecutar, como lo harán, en qué medida pueden realizarlo y posteriormente hacer promesas. Si las áreas de soporte tuviesen sus propias restricciones, estas deben de ser comunicadas al área de producción en la reunión semanal y así producción puede reprogramar sus actividades en caso fuese necesario. A continuación se muestran los formatos con los que se trabajará.

a) Formato a utilizar para la derivación de restricciones a las áreas de soporte

El siguiente formato muestra las restricciones, el tipo al que pertenecen y al lado el o las áreas de soporte involucradas en levantar la restricción.

		Tipos de restricciones										Áreas de soporte								
		Controlables					No controlables					PRODUCCIÓN	ADMINISTRACION	OFICINA TÉCNICA	ALMACEN	PDR	CALIDAD			
		Materiales	Equipo	Mano de obra	Seguridad y salud	Información	Actividades precesoras	Diseños	Medio-Ambiente	Proveedores	Subcontratas							Otros		
Obra : _____	Fecha de reunión: _____																			
Descripción de la actividad	Restricciones																			

Figura 3-5 Formato para el análisis de restricciones

Este formato será llenado en las reuniones semanales de producción. Acabada la reunión el área de oficina técnica es encargada de repartir las restricciones a las áreas responsables para que éstas puedan elaborar su propia programación e identificar sus restricciones.

a) Lookahead's para las áreas de soporte

Los materiales tienen una incidencia de aproximadamente 50% en el desarrollo de la obra (Yoza, 2011). Es por ello que es necesario implementar una gestión de planeamiento y programación para asegurar el flujo de la producción y contribuir a cumplir con los estándares de seguridad.

Al saber cuáles son las restricciones que le corresponden a cada área, estas serán responsables de elaborar su lookahead con el mismo horizonte que producción de 4 a 6 semanas.

El formato a utilizar es el siguiente:

Área de soporte		Fechas a liberar restricciones según Plan de Lookahead																												
Fecha de reunión		Semana 4				Semana 5				Semana 6				Semana 7																
Actividad (Restricción de producción)	Restricción del área de soporte	Comentario	Diá 26	Diá 27	Diá 28	Diá 29	Diá 30	Diá 1	Diá 2	Diá 3	Diá 4	Diá 5	Diá 6	Diá 7	Diá 8	Diá 9	Diá 10	Diá 11	Diá 12	Diá 13	Diá 14	Diá 15	Diá 16	Diá 17	Diá 18	Diá 19	Diá 20	Diá 21	Diá 22	Diá 23
			Contar con línea de Trazo		Verificar stock		x																							
Equipos de topografía					x																									
EPPS	Demora en aprobación de la Orden de Compra	Enviar mail a Oficina técnica				x																								

Figura 3-6 Lookahead de para las áreas de soporte

Este lookahead debe de ser presentado por cada área de soporte en la reunión semanal del proyecto, se debe de promover que las áreas de soporte participen proactivamente mencionando las trabas que puedan tener para levantar todas las restricciones. El área de producción debe de ser receptivo y si alguna de las restricciones no se puede levantar, se debe de reprogramar la actividad.

3.2.3.4 Propuesta de lookahead para mantenimiento de equipos

- 1) Plan de mantenimiento utilizando el Total Product Manager –TPM (Fuente: JIMP 2015)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) fue instaurado por la organización JIPM (Japan Institute of Plant maintenance) teniendo como base el concepto de Mantenimiento Preventivo. El termino TPM está registrado como marca de JIPM el cual tiene los derechos reservados.

Tiene como propósito lo siguiente:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero averías

- Cero pérdidas

Tipos de mantenimiento:

- Mejoras Enfocadas:
- Mantenimiento Autónomo
- Mantenimiento progresivo
- Mantenimiento de calidad
- Prevención de mantenimiento
- Mantenimiento en áreas administrativas
- Entrenamiento de la habilidades del operador
- Salud y seguridad.

Los tipos de mantenimiento mencionados son los 8 pilares del TPM, de los cuales utilizaremos un tipo para realizar el lookahead de mantenimiento: El Mantenimiento Progresivo

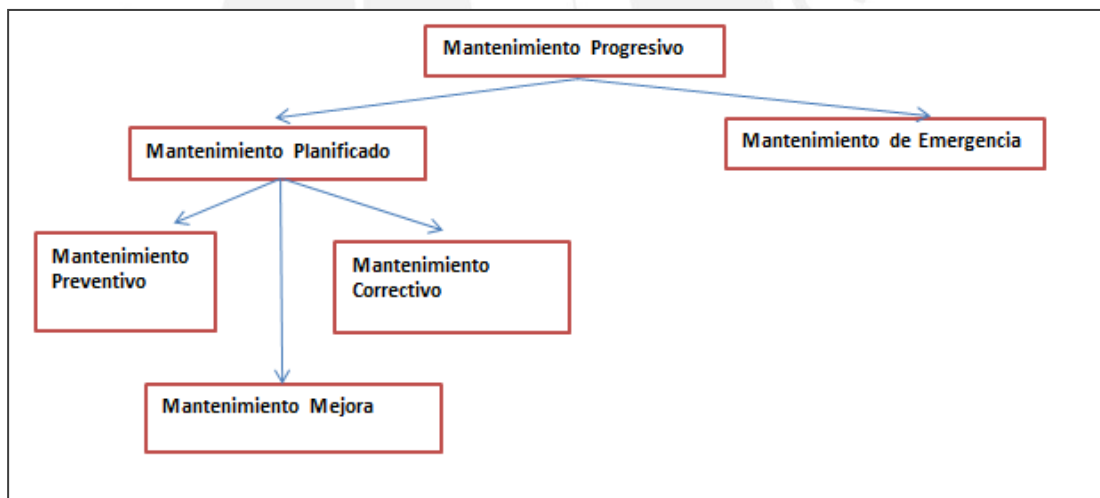


Figura 3-7 Mantenimiento progresivo, (Adaptada de página web: Cero Averías)

El mantenimiento Progresivo se basa en avanzar gradualmente hasta el objetivo de cero averías. Es un tipo de mantenimiento el cual tiene una visión superior del proceso de gestión preventiva de equipos pues involucra todas las áreas de la empresa desde Producción, administración, almacén hasta el mismo personal que opera la herramienta.

Se subdivide en:

a). Mantenimiento Preventivo (MPr): Se basa en el tiempo. En cuanto a los equipos de construcción se propone la siguiente frecuencia:

- Mantenimiento Diario (MPr-D): Se basa en acciones simples como: Limpieza, orden, ajuste de elementos de fijación, lubricación, Servicios menores.
- Mantenimiento quincenal (MPr-Q): El cual será ejecutado para equipos pequeños usados en obra, tales como: esmeriles, amoladoras, apisonadoras, taladros, etc.
- Mantenimiento Periódico (MPr-P): Cuando se cumple un tiempo determinado de funcionamiento de la maquinaria en el cual, según sus especificaciones técnicas, es necesario realizar mantenimiento.

b) Mantenimiento Correctivo (MCr)

- Mantenimiento versátil : Se basa en mantenimientos que se puedan dar in situ de la manera más rápida
- Reparaciones esporádicas

c) Mantenimiento de mejora (MMe)

- Aumento de la fiabilidad: En esta etapa se mejora la precisión de los equipos y se mejora el programa.
- Mejora de mantenibilidad: Desarrolla etapas como mejora de condiciones, las acciones de inspección y por lo tanto mejora las actividades de servicio y la calidad de servicio.

2) Identificación de equipos de mayor uso en obra

a. **Vibradora de Concreto:** Equipo de trabajo que al vibrar logra la homogenización del concreto. Su principal objetivo es mantener el aire ocluido dentro de los límites provistos en su dosificación. Es útil para el vaciado de losas, placas, columnas donde exista una alta concentración de acero.

b. **Apisonadora:** Equipo que resulta altamente útil para las construcciones civiles, se encarga de compactar suelos granulares, mixtos y especialmente en suelos cohesivos.

Útil para zanjas para cables y cañerías de agua, para fijación de diques, para compactación de sub-base.

c. **Amoladora:** Son máquinas eléctricas portátiles que se utilizan para desbastar, pulir, cortar trabajos en mampostería o metal.

d. **Taladro:** Es la herramienta que nos permitirá realizar agujeros gracias al movimiento de rotación que adquiere la broca sujeta en su cabezal.

e. **Grúa Torre:** Es un equipo que sirve para elevar cargas mediante un gancho suspendido de un cable que se desplaza mediante un carro suspendido a lo largo de una pluma. Su instalación es temporal y soporta grandes cargas a elevar.

La frecuencia del mantenimiento preventivo periódico (MPr-P) para los equipos mencionados será la siguiente:

Mantenimiento								
EQUIPO	MPr-D	MPr-S	MPr-Q	MPr-P1	MPr-P2	MPr-P3	MPr-P4	MPr-P5
Vibradora	x						x	
Apisonadoras	x		x	x		x		x
Amoladora	x		x					
Taladro	x		x					
Grúa Torre	x						x	

Figura 3-8 Frecuencia de mantenimiento preventivo periódico. Elaboración propia

La nomenclatura utilizada es:

- MPr-D: Mtto. Diario
- MPr-S: Mtto. Semanal
- MPr-Q: Mtto. Quincenal
- MPr-P1: Mtto. cada mes
- MPr-P2: Mtto. cada 2 meses
- MPr-P3: Mtto. cada 3 meses
- MPr-P4: Mtto. cada 4 meses
- MPr-P5: Mtto. Cada 5 meses

3) Lookahead de mantenimiento

Se propone que la siguiente programación los ejecute el área de almacén con el mismo horizonte en semanas que el lookahead de producción. Se puede apreciar los mantenimientos preventivos correspondientes a los equipos en obra.

ITEM	EQUIPO	semana 1							semana 2							semana 3							semana 4						
		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	D	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	D	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	D	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	D
A001	Apisonadoras						MPr-Q							MPr-P1							MPr-Q							MPr-P1	
A002	Apisonadoras						MPr-Q														MPr-Q							MPr-P5	
VI003	Vibradora de concreto						MPr-P4																						
VI004	Vibradora de concreto																				MPr-P4								
AM005	Amoladora													MPr-Q														MPr-Q	
AM006	Amoladora													MPr-Q														MPr-Q	
AM007	Amoladora													MPr-Q														MPr-Q	
AM008	Amoladora													MPr-Q														MPr-Q	
AM009	Amoladora													MPr-Q														MPr-Q	
TA010	Taladro						MPr-Q														MPr-Q								
TA011	Taladro						MPr-Q														MPr-Q								
TA012	Taladro													MPr-Q														MPr-Q	
TA012	Taladro													MPr-Q														MPr-Q	
GR001	Grua Torre																												

Figura 3-9 Lookahead de mantenimiento de equipos

Cabe mencionar que el modo a ejecutar los mantenimientos preventivos de cada mes, tres meses o cinco meses varía según cada tipo de equipo.

Los mantenimientos diarios debe de darlos el mismo personal que maneja los equipos, los mantenimientos quincenales lo debe de ejecutar el área de almacén con personal calificado y los mantenimientos mensuales pueden ser, dependiendo la complejidad del equipo, derivados a los mismos proveedores.

A partir de esta programación se pueden identificar posibles partes o repuestos a necesitar es por ello que se deja para los futuros estudios el implementar el análisis de restricciones de la programación planteada, elaboración de lookahead de materiales y repuestos a necesitar a partir de lo mencionado.

3.2.3.5 Ejemplo de Programación de las áreas de soporte (Lookahead)

Según los alcances mencionados para la ejecución de la presente tesis, el ejemplo abarcará la implementación del In Process Planning en el proceso elaboración del lookahead de una vivienda multifamiliar en las etapas de: Cimentación, cisterna y primeros pisos.

Se supondrá una edificación de 15 pisos de área techada de 240m² con 4 departamentos por piso, el sistema de abastecimiento de agua es con cisterna y bombas. La planta y departamento típico de la edificación es como se muestra a continuación:



Figura 3-10 Planta de la edificación y departamento típico

El ejemplo consta de los siguientes pasos:

1. Reunión semanal de Producción
 - a) Se presenta el lookahead de producción con horizonte de 4 semanas. En el presente ejemplo se considera que son los inicios de construcción de la obra por ello las etapas son : cimentación, cisterna y primeros pisos:

			Tipos de restricciones										Áreas de soporte					
			Controlables					No controlables					PRODUCCIÓN	ADMINISTRACIÓN	OFICINA TÉCNICA	ALMACÉN	PDR	CALIDAD
			Materiales	Equipo	Mano de obra	Seguridad y salud	Información	Actividades precesoras	Diseños	Medio-Ambiente	Proveedores	Subcontratas						
Item	Descripción de la actividad	Restricciones																
68	Estructuras horizontales																	
69																		
70	Encontrado de losas y vigas	Cuadrilla especializada(6 OP+ 6AY)			X									X			X	
71		Error en el metrado de fenólico, pedir extra	X													X	X	
72		Se necesitan andamios y escaleras	X													X	X	
73		Topografía no esta cumpliendo con los tiempos ,generando retrasos							X					X				
74		Supervisión limita el ingreso área mientras no se halla cumplido el																X
75	Acero en horizontales	Se requiere 3 cuadrillas			X									X				
76		Epps -pedir linea de vida				X										X	X	
77		Incompatibilidad de planos Estruct-Arqui								X								X
78	IIS e IIEE																	
79		Contar con los materiales necesarios	X											X		X	X	
80		Se necesita maquina fusionadora de 40mm		X													X	
81		Incompatibilidad de planos (IIEE-Arqui)						X								X		X
82		Tener el acero colocado para ingresar							X					X			X	X
83		Trazo para alumbrado, auxiliares y tomacorrientes (L.P)								X				X				
84		Contar con EPPs (Renovación de micas de x	X			X										X	X	
85		Cuadrilla designada y especializada			X									X				
86		Aprobación de andamios y lineas de vida				X										X	X	
87		Se necesitará horario extendido															X	
88	Concreto																	
89		Descanso médico de 10P(Se necesita apoyo)			X									X			X	
90		Liberar el área a vaciar con supervisión																X
91		Contar con vibradora, reglas ,extensiones		X													X	
92		Retraso del proveedor	X											X				
93		Aprobación de andamios y lineas de vida				X											X	X

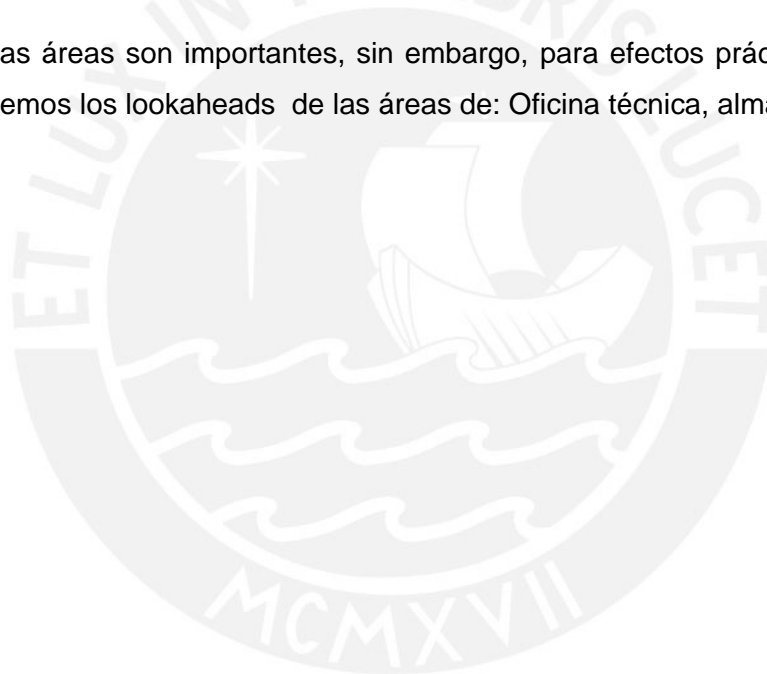
Figura 3-12 Análisis de restricciones

2. Reunión semanal de trabajo :

Después de la reunión semanal de producción, el área de Oficina técnica se encarga de distribuir las restricciones a las áreas de soporte responsables. Con esta información cada área debe realizar su propia programación para presentarla en la reunión semanal de trabajo. Como ya se mencionó, esta reunión es un espacio formal para que las áreas de soporte puedan presentar sus propias restricciones y comprometerse en levantar las que puedan.

Se muestra a continuación la programación de las áreas de soporte con el mismo horizonte que la programación de producción donde se muestran las restricciones de producción que se deben de levantar y se da a conocer las propias restricciones de cada área de soporte.

Todas las áreas son importantes, sin embargo, para efectos prácticos del ejemplo mostraremos los lookaheads de las áreas de: Oficina técnica, almacén y seguridad.



ÁREA: SEGURIDAD Y SALUD

ITEM	Actividad (Restricción de producción)	Restricción del área de soporte	Comentario	Fechas a liberar restricciones según Plan de Lookahead																								
				Semana 4							Semana 5							Semana 6					Semana 7					
				Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
1	Cimiento																											
2	Ingresará nueva pareja de Topografos	Falta la poliza (Adm debe de ver el tema)																										
3	Pedido de EPPs	Revisar la cantidad a solicitar																										
4	Ingresará OP de sanitarias																											
5	Revisar que los equipos esten optimos para ser usados	Revisar con Almacén la programación de mtto.																										
6	Trabajos de habilitar acero	El espacio es reducido,coordinar con Producción																										
7	Cisterna																											
8	Habilitación de lineas de vida para trabajos en altura	Realizar charla de habilitación de lineas de vida Charla e inducción para espacios confinados, falta iluminación																										
9	Limpieza cisterna																											
10	Estructuras																											
11	Acero vertical-EPPS	La subcontrata no ha renovado los guantes gastados																										
12	IIEE-IISS Tener acero colocado para ingresar	Falta aprobación de la OC para capuchones																										
13	Extintores descargados	El proveedor demora en retornar los extintores																										
14	Ingresará OP de sanitarias																											
15	Contar con vibradora	Revisar que no esten usando las que no cuentan con mtto																										
16	Carteles de señalización	Enviar los titulos																										
17	Cuadrilla de encofradores																											
18	Se Utilizan andamios y escaleras	Revisar el modo a colocar, realizar inducción																										
19	IIEE-IISS Tener acero colocado para ingresar																											
20	Renovación de micas para lentes de seguridad	Realizar metrado																										
21	Aprobar los andamios y lineas de vida colocados																											
22	Se requiere horario extendido	Designar PDR de seguridad a quedarse																										
23	Concreto																											
24	Descanso médico 1OP	Averiar de su estado																										
25	Aprobar los andamios y lineas de vida colocados																											
26	Gestión																											
27	Auditoria de seguridad																											
28	Programación de simulacro de sismos																											
29	Orden de documentación																											
30	Charla a staff de SST																											

Figura 3-15 Lookahead de seguridad

Son con estas programaciones que cada Área de soporte debe de asistir a las reuniones semanales del Proyecto, para que puedan coordinar sus propias restricciones con el resto de las áreas de soporte.

Las restricciones resaltadas son aquellas que involucran más de un área de soporte para su levantamiento. Como por ejemplo el pedido de EPPS es responsabilidad de Seguridad (ejecutar el pedido) Almacén (verificar Stock y estar pendiente de la llegada) y Oficina Técnica (debe de generar la Orden de Compra). Para fines prácticos en este ejemplo no hay restricciones que varían la programación de producción es por ello que el lookahead no cambia.

A partir de los acuerdos de esta reunión que Producción puede elaborar su plan semanal con trabajos libres de restricciones.

Cabe resaltar que los lookaheads presentados para las áreas de soporte tienen el mismo horizonte que el de producción con el fin de que todos estén en una misma sintonía.

Se enfatiza que se debe tener especial cuidado con el área de seguridad pues el tener trabajos sub estándar puede desencadenar en una paralización de obra. Tener la documentación al día, promover la seguridad al personal obrero y de staff es una tarea que se debe de realizar para poder tener una obra libre de paralizaciones y retrasos por temas de seguridad. Esta área debería contar con un presupuesto único que le permita ser autónomo en cuanto a la obtención de materiales, herramientas, señalización en obra, etc.

3.2.4 Metodología de integración

Se utilizará la metodología de integración propuesta por Brioso (2015) la cual fue descrita en el ítem 2.3.4 del marco teórico. El fin es de obtener indicadores de productividad y seguridad para determinar si la planificación colaborativa ha funcionado.

4 EVALUACIÓN DE UNA EMPRESA PERUANA EN EL USO DEL SISTEMA LAST PLANNER MEDIANTE DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

4.1 Herramientas

a. Encuestas

Para poder conocer el grado de organización de cada proyecto, importancia asignada a las reuniones semanales, uso del sistema Last Planner y conocimiento de acerca del nivel general de actividad y sobre de los actos y condiciones estándar y sub estándar. Es recomendable utilizar encuestas tomadas a los residentes de obra, área de producción y las áreas de soporte.

b. Registro fotográfico y videos

Se realizaron registros fotográficos y videos a la obras en estudio. La duración de las grabaciones fueron de aproximadamente una hora.



Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Tesis de Ingeniería civil

PLANIFICACIÓN COLABORATIVA Y MEDICIÓN SIMULTÁNEA DE INDICADORES DE SEGURIDAD Y PRODUCCIÓN EN EL SISTEMA LAST PLANNER

La siguiente encuesta tiene el fin de conocer las áreas de soporte de su empresa y la importancia asignada. Los resultados obtenidos serán utilizados solo con fines académicos y de investigación

Nombre del Proyecto:

Área:

1 Marque con una (X) las áreas de soporte con las que cuenta en la obra.

a.	Administración	
b.	Oficina Técnica	
c.	Seguridad y salud	
d.	Almacén	
e.	Calidad	
f.	Otras(Indicar cuáles)	

2 Ordene las áreas de soporte de primero a último según considere su importancia

	Área de soporte	Ordene del 1 al 5
a.	Administración	
b.	Oficina Técnica	
c.	Seguridad y salud	
d.	Almacén	
e.	Calidad	
f.	Otras (Indicar Cuáles)	
	PRODUCCION	

3 Tiene reuniones de obra?cada cuanto tiempo?Quienes se reunen y para qué?

4 Conoce la clasificación de los trabajos : Contributivos, No contributivos y Productivos?Explique

5 Conoce como se clasifica una condición estandar (Segura) o sub estandar(Insegura)?Explique

Gracias

Figura 4-1 Encuesta a áreas de soporte

4.2 Análisis de la empresa

4.2.1 Estado organizacional de la empresa

a. Características generales de las obras analizadas

Se presenta a continuación las características generales de ambas obras:

Tabla 4-1 Características generales de las obras en estudio

Obras	Tipo de estructura	Nro. Pisos	Nro. Dptos.	Área aprox. por departamento	Estado
Proyecto San Miguel	Aporticado Mixto	15	190	63.90 m ²	Casco estructural y albañilería.
Proyecto Angamos	Aporticado Mixto	20	214	57.5 m ²	Casco estructural y albañilería.

Se realizaron en total 12 encuestas a: dos residentes de obra, dos jefes de campo, dos jefes de oficina técnica, dos administradores, dos almaceneros, dos jefes de prevención y dos de calidad. Todas las encuestas se pueden ver en el anexo 2. A continuación se presentan los resultados de manera global.

Desarrollaremos la encuesta con las respuestas dadas:

1. Marque con una (X) las áreas de soporte con las que cuenta en la obra.

Descripción	Proyecto Angamos	Proyecto San Miguel
Administración	X	X
Oficina Técnica	X	X
Seguridad y salud	X	X
Almacén	X	X
Calidad	X	X
Otras(Indicar cuáles) : Producción		

Figura 4.2- Respuesta 1

Se puede notar que ambos proyectos cuentan con las cinco áreas de soporte básicas. Es importante mencionar que ocho de las catorce personas encuestadas considera que Producción es un área de soporte

2. Ordene las áreas de soporte de primero a último según considere su importancia

	Área de soporte - Angamos	RESULTADO
a.	Oficina Técnica	1
b.	Administración	2
c.	Seguridad y salud	3
d.	Calidad	4
e.	Almacén	5
f.	Otros (Producción)	1

	Área de soporte – San Miguel	RESULTADO
a.	Oficina Técnica	1
b.	Calidad	2
c.	Seguridad y salud	3
d.	Administración	4
e.	Almacén	5
f.	Otros (Producción)	1

Figura 4.3- Importancia de las áreas de soporte

Este es el orden encontrado según las encuestas realizadas, se puede notar que como primer área de soporte se encuentra Oficina técnica y encontramos al de seguridad en un tercer lugar. Cabe mencionar que muchas de las respuestas en este ítem contestaron que Producción es el área más importante lo cual sería un error el considerar a la producción como un área de soporte.

3. ¿Tiene reuniones de obra? ¿Cada cuánto tiempo? ¿Quiénes se reúnen y para qué?

Todos coincidieron en tener una reunión semanal a la que asisten todas las áreas de soporte donde se tocan los temas que se ejecutará en la semana. Por lo general discuten acerca de las necesidades de producción, acerca del avance de la obra y para repartir información importante.

4. ¿Conoce la clasificación de los trabajos: Contributivos, No contributivos y Productivos? Explique

Todos conocían acerca de los tipos de trabajos, en algunos casos respondieron dando ejemplos.

5. ¿Conoce cómo se clasifica una condición estándar (Segura) o sub estándar(Insegura)?Explique

En la mayoría contestaron dando una definición de acto estándar o acto sub estándar pues indicaban que es cuando el trabajador realiza procedimientos seguros y utilizando los EPPS, uno de los encuestados respondió que el jefe de prevención es quien conoce de ese tema. Solo una administradora contestó bien acerca de la definición de una condición estándar o sub estándar.

4.2.2 Uso del sistema Last Planner

Uso del Sistema Last Planner	San Miguel		Angamos	
	Sí	No	Sí	No
Posee cronograma maestro	x		x	
Posee sistema de gestión de SST	x		x	
Hace uso del Pull Planning		x		x
Hace uso del lookahead	x		x	
Hace uso del PPC		x		x
Hace uso de la planificación colaborativa		x		x

Figura 4.4- Uso del sistema Last Planner

Se puede observar que no se hace adecuado uso del sistema Last Planner debido a que solo utilizan el Lookahead para la programación pero no las demás herramientas del sistema, utilizar el lookahead es un intento de manejar la programación haciendo de esta una más balanceada.

Así mismo se puede notar que no se está ejecutando una retrospectión de los trabajos es decir no se están identificando las causas por las cuales no se cumplen las metas el cual es utilizar el PPC

Seguidamente se analizará la situación en la que se encuentran en cuanto a seguridad

4.2.3 Reglamento interno de seguridad y salud de la empresa constructora

Por lo general las empresas formales en el Perú tienen un reglamento interno donde se indican las sanciones para todo aquel personal que desobedezca a lo estipulado en el reglamento, dentro de estos malos hábitos está el ejecutar actos o condiciones sub estándar. A continuación se presenta el capítulo de infracciones y sanciones del reglamento interno de la empresa en estudio.

-Infracciones:

1. Se considera como infracción leve lo siguiente:
 - La falta de orden y limpieza del ambiente de trabajo de la que no se derive riesgo para la integridad física o salud de los trabajadores.
 - No reportar oportunamente los incidentes.
 - No asistir a la capacitación y charlas diarias programadas.
 - No adoptar las disposiciones, recomendaciones o medidas.
2. Se considera como infracciones graves las siguientes:
 - Obstaculizar o impedir el desarrollo y aplicación del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.
 - No informar a los trabajadores de los riesgos a que están expuestos durante la ejecución de su labor.
 - No entregar a los trabajadores los Equipos de Protección Personal (EPP).
 - Asignar trabajos a personal que no posea la calificación adecuada.
 - No supervisar o no disponer la supervisión de los trabajos asignados.
 - Retirar señalética sin autorización del área de seguridad.
3. Se considera como infracción muy grave lo siguiente:
 - Cualquier acto de imprudencia o negligencia que cause la muerte o lesión muy grave a un trabajador.
 - Proporcionar información inexacta de forma deliberada durante el proceso de análisis e investigación del accidente.
 - No paralizar ni suspender de forma inmediata los trabajos con riesgo inminente o reanudarlos sin haber subsanado previamente las causas que motivaron dicha paralización.

- No utilizar los EPP, o hacerlo en forma inadecuada.
- No utilizar el arnés de seguridad en trabajos con riesgo de caída de altura.
- La falta de respeto a un superior o utilizar palabras soeces con un superior.
- Ingresar a obra en estado etílico.

-Sanciones:

1. Por primera vez: Amonestación escrita.
2. Por segunda vez: Suspensión (La cantidad de días de trabajo las determinará el Supervisor de SAS)
3. Por tercera vez: Separación del proyecto.

4.3 Evaluación Utilizando la metodología de integración

4.3.1 Clasificación de tipos de trabajo

La siguiente tabla 4.2 muestra la clasificación considerada de los tipos de trabajos en Productivos, Contributivos y No contributivos en las etapas de casco y albañilería.

Tabla 4-2 Clasificación de tipos de trabajos

	Actividad	Clasificación
CASCO	Colocar acero horizontal	TP
	Colocar planchas de muro	
	Colocar alambre	
	Colocar accesorio en muro	
	Instalar tuberías de gas	
	Colocar estribos	
	Colocar tuberías de desagüe	
	Acomodar el concreto con pala o pie	
	Instalar de tuberías eléctricas	
	Instalar de cajas rectangulares	
	Realizar Fusión de tuberías de agua	
	ALBAÑILERIA Y ACABADOS	
Reglear		
Frotachar muro		
Pasar guía de alambre por tub eléctricas		
Humeder pared		
Asentar ladrillo		
Empastar		
Colocar marco de ventanas		
Colocar perfiles para muros de drywall		
Enchape de cerámico		
Colocar bisagras en puertas		
Masillar marco de puerta		
Lijar marco de puertas		
Colocar papel mural		
CASCO	Transporte de material (*)	TC
	Recibir instrucciones (*)	
	Dar instrucciones (*)	
	Realizar trazo(*)	
	Limpieza (*)	
	Ir a servicios higiénicos (*)	
	Colocar andamio	
	Retirar puntales	
	Tomar medidas	
	Habilitar material eléctrico	
	Prueba hidrostática	
	Prueba de hermeticidad	
	Colocar fierro para delimitacion de area	
	Retirar de planchas en muros	
	Aplicar de desmoldante	
	Rigger o señalero -Transporte de material	
	Habilitar espacio de trabajo	
Transportar de herramientas		
Transporte de material con grua		
ALBAÑILERIA Y ACABADOS	Preparar mortero	TC
	Taladrar para hacer zanja	
	Abrir zanja con lampa	
	Habilitar mueble de melamine	
CASCO	Reaizar agujeros en el mueble de melamine	TNC
	Trabajador parado(*)	
	Viaje inproductivo (*)	
ALBAÑILERIA Y ACABADOS	Tiempo ocioso (*)	TNC
	Taladrar losa	
	Resanar losa	
	Resanar de losa por tubería rota	
	Picar de losa para encontrar tubería rota	

(*) Trabajos que tienen la misma clasificación en casco y albañilería

4.3.2 Estadística utilizada

Se ha utilizado el teorema del límite central mencionada en el marco teórico (Ítem 2.3.1 Muestreo de trabajo). Como se mencionó para una confiabilidad del 95% y un

límite de error del 5% se necesitarían 384 muestras. En el caso de estudio a presentar se obtuvieron 404 muestras.

4.3.3 Resultados obtenidos

Se realizó simultáneamente las evaluaciones del tipo de trabajo y las inspecciones de seguridad utilizando la Metodología de integración. Para el procesamiento de los datos se utilizó el formato 2.3 (Ítem 2.3.4). A continuación se presentan parte de los resultados obtenidos de cada obra, las listas completas se dejan en el Anexo 3.



Proyecto Angamos

Tabla 4-3 Procesamiento de datos utilizando la metodología de integración - Angamos

Nro de trabajador	Tiempo	Actividad	Tipo de trabajo	Tipo de Acto	Tipo de condicion	Clasificación	Detalle
1	V 1- 0.0.08"	Trabajador parado	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	
2	V 1- 0.0.09"	Dar instrucciones	TC	AE	CE	TC-AE-CE	Instalar andamio
3	V 1- 0.0.09"	Recibir instrucciones	TC	AE	CE	TC-AE-CE	Instalar andamio
4	V 1- 0.0.12"	Colocar acero horizontal	TP	AE	CE	TP-AE-CE	
5	V 1- 0.0.12"	Colocar acero horizontal	TP	AE	CE	TP-AE-CE	
6	V 1- 0.0.12"	Colocar acero horizontal	TP	AE	CE	TP-AE-CE	
7	V 1- 0.0.15"	Realizar fusión de tuberías de agua	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No hace uso de guantes de seguridad
8	V 1- 0.0.15"	Realizar fusión de tuberías de agua	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No hace uso de guantes de seguridad
9	V 1- 0.0.28"	Instalar tuberías eléctricas	TP	AE	CE	TP-AE-CE	Ayudante
10	V 1- 0.0.31"	Pruebas de hermeticidad	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
11	V 1- 0.0.37"	Instalar tuberías gas	TP	AE	CE	TP-AE-CE	Placa
12	V 1- 0.0.38"	Viaje de rigger ,dirigiendo carga	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
13	V 1- 0.0.40"	Colocar accesorios en muro	TC	AE	CE	TC-AE-CE	Placa
14	V 1- 0.0.50"	Trabajador parado	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	
15	V 1- 0.0.57"	Colocar andamio	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
16	V 1- 0.0.58"	Trabajador parado	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	
17	V 1- 0.0.58"	Viaje improductivo	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	Caminando
18	V 1- 0.08.02"	Viaje improductivo	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	
19	V 1- 0.08.47"	Trabajador parado	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	
20	V 1- 0.08.51"	Viaje improductivo	TNC	AS	CE	TNC-AS-CE	
21	V 1- 0.08.59"	Tomar medidas	TC	AS	CS	TC-AS-CS	No usa linea de vida
22	V 1- 0.09.45"	Trabajador parado	TNC	AS	CE	TNC-AS-CE	
23	V 1- 0.1.00"	Viaje improductivo	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	Caminando

Proyecto San Miguel

Tabla 4-4-Procesamiento de datos utilizando la metodología de integración

Nro de trabajador	Tiempo	Actividad	Tipo de trabajo	Tipo de acto	Tipo de condicion	Clasificación	Detalle
1	V 1- 0.0.24"	Colocar perfiles para plancha de drywall	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No utiliza guantes
2	V 1- 0.1'.01"	Transporte de material	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
3	V 1- 0.1'.09"	Limpieza	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
4	V 1- 0.1'.10"	Habilitar espacio de trabajo	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
5	V 1- 0.1'.29"	Viaje improductivo	TNC	AS	CE	TNC-AS-CE	
6	V2-0.0.04"	Verificar aplomado de techo	TC	AS	CE	TC-AS-CE	No hace uso de guantes
7	V2-0.0.08"	Limpieza	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
8	V2-0.0.15"	Resanar losa	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	Trabajo re hecho
9	V2-0.0.15"	Taladrar losa	TNC	AE	CE	TNC-AE-CE	Trabajo re hecho, para aplomar
10	V2-0.0.33"	Solaquear	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No hace uso de guantes
11	V2-0.0.35"	Solaquear	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No hace uso de guantes
12	V2-0.0.53"	Reglear	TP	AS	CS	TP-AS-CS	No hace uso de guantes.Esta parado sobre un balde
13	V2-0.1.08"	Limpieza	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
14	V2-0.1.11"	Limpieza	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
15	V3-0.0.01"	Transporte de herramientas	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
16	V3-0.0.08"	Limpieza	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
17	V3-0.0.10"	Tiempo ocioso	TNC	AS	CE	TNC-AS-CE	No usa guantes, hace uso del celular
18	V3-0.0.18"	Transporte de objetos	TC	AE	CE	TC-AE-CE	
19	V4-0.0.01"	Enchapar ceramico	TP	AS	CE	TP-AS-CE	No usa guantes
20	V4-0.0.13]"	Transporte de material	TC	AS	CE	TC-AS-CE	No hace uso de guantes
21	V4-0.0.16"	Transporte de material	TC	AS	CE	TC-AS-CE	No hace uso de guantes
22	V5-0.0.01"	Tomar medidas	TC	AS	CE	TC-AS-CE	No usa guantes
23	V5-0.0.01"	Tomar medidas	TC	AS	CE	TC-AS-CE	No usa guantes

A continuación se presentan los porcentajes obtenidos de cada obra y un promedio de ambas. Se ha optado por trabajar con el promedio debido a que ambas obras son semejantes en cuanto a la organización interna, modo de uso del Sistema Last Planner (se puede evidenciar en el ítem 4.2) y además tienen el mismo gerente de constructora.

Tabla 4-5 Porcentajes obtenidos utilizando la metodología de integración

RESULTADOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN								
Proyecto Angamos			Proyecto San Miguel			Promedio de ambas obras		
Tipo trabajo	Total de mediciones	Porcentaje	Tipo trabajo	Total de mediciones	Porcentaje	Tipo trabajo	Total de mediciones	Porcentaje
TP-AE-CE	43	20%	TP-AE-CE	25	13%	TP-AE-CE	68	17%
TP-AE-CS	1	0%	TP-AE-CS	0	0%	TP-AE-CS	1	0%
TP-AS-CE	32	15%	TP-AS-CE	39	21%	TP-AS-CE	71	18%
TP-AS-CS	0	0%	TP-AS-CS	1	1%	TP-AS-CS	1	0%
TC-AE-CE	53	25%	TC-AE-CE	46	24%	TC-AE-CE	99	24%
TC-AE-CS	2	1%	TC-AE-CS	0	0%	TC-AE-CS	2	0%
TC-AS-CE	30	14%	TC-AS-CE	29	15%	TC-AS-CE	59	15%
TC-AS-CS	1	0%	TC-AS-CS	0	0%	TC-AS-CS	1	0%
TNC-AE-CE	22	10%	TNC-AE-CE	20	11%	TNC-AE-CE	42	10%
TNC-AE-CS	0	0%	TNC-AE-CS	5	3%	TNC-AE-CS	5	1%
TNC-AS-CE	30	14%	TNC-AS-CE	25	13%	TNC-AS-CE	55	14%
TNC-AS-CS	0	0%	TNC-AS-CS	0	0%	TNC-AS-CS	0	0%
TOTAL	214	100%	TOTAL	190	100%	TOTAL	404	100.00%

Se muestra también los siguientes gráficos que se consideran relevantes de presentar:

Nivel general de actividad:

Estos porcentajes son reales y demuestran la productividad en obra. Se observa que los porcentajes de los tipos de trabajos en cada obra son muy similares. Esto se debe a que tienen similar organización y modo de trabajo. Al no estar considerando la seguridad obtenemos un promedio de trabajos productivos (TP) del 35%, que sería un número aceptable. Sin embargo la tabla anterior (Tabla 4.5) muestra que verdaderamente como Trabajo productivo y seguro solo se tiene un 17% en promedio.

Tabla 4-6 Porcentajes obtenidos del Nivel General de Actividad

<u>Proyecto Angamos</u>		<u>Proyecto San Miguel</u>		<u>Promedio de ambas obras</u>	
Tipo trabajo	Porcentaje	Tipo trabajo	Porcentaje	Tipo trabajo	Porcentaje
TP	36%	TP	34%	TP	35%
TC	40%	TC	40%	TC	40%
TNC	24%	TNC	26%	TNC	25%
	100%		100%		100%

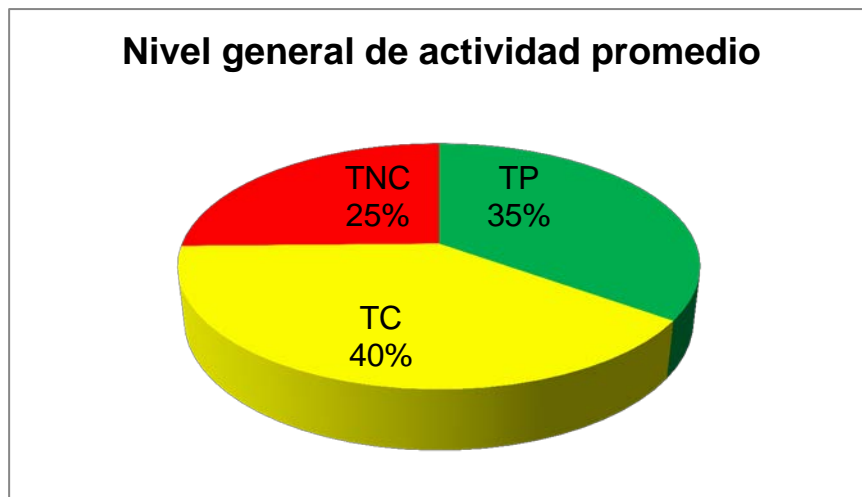


Figura 4-5 Nivel general de actividad promedio

Actos y condiciones estándar y sub estándar:

A continuación se presenta lo obtenido respecto al promedio de los actos y condiciones estándar y sub estándar que ocurrieron mientras se levantaba la información en campo. Es interesante el poder observar que se obtuvo un 46% de trabajos bajo actos sub estándar, casi la mitad de los trabajadores de la obra laboraban de manera insegura. Se encontró que por lo general los actos sub estándar eran debido a que no utilizaban guantes de seguridad.

En cuanto a las condiciones sub estándar solo se obtuvo un (3%).

Promedio de Actos estándar y sub estándar

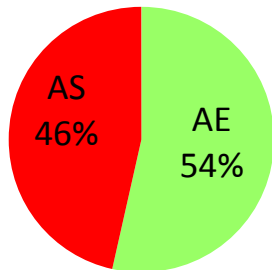


Figura 4-6 Porcentaje de actos estándar y sub estándar

Promedio de Condiciones estándar y sub estándar

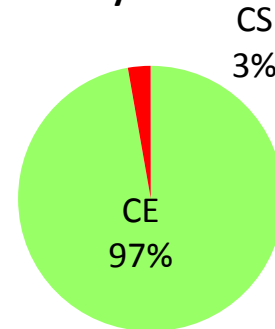


Figura 4-7 Porcentaje de condiciones estándar y sub estándar

Según la nueva clasificación, se muestran a continuación algunas capturas extraídas de los videos realizados en campo. En el anexo 4 se pueden observar más capturas



-Clasificación: TC-AE-CE

El trabajador se encuentra limpiando el encofrado (TC) utiliza todos sus EPP (AE) y se encuentra es un ambiente limpio y ordenado (CE).

Figura 4.8. TC-AE-CE



Figura 4.9 .TP-AE-CE

-Clasificación: TP-AE-CE

Ambos trabajadores se encuentran instalando tuberías eléctricas (TP) utilizan todos sus EPPs(AE) y se encuentran en un ambiente limpio y ordenado (CE)



Figura 4.10 TNC-AE-CE

-Clasificación: TNC-AE-CE

El trabajador se encuentra resanando el piso pues se picó para reparar una tubería rota, este es un trabajo rehecho (TNC), utiliza todos sus EPPs (AE) y el ambiente es seguro (CE).



Figura 4.11 TC-AS-CE

-Clasificación: TC-AS-CE

El trabajador se encuentra desencofrando (TC), no hace uso de guantes de seguridad (AS) y se encuentra en un ambiente limpio y ordenado (AE)



Figura 4.12 TP-AS-CE

-Clasificación: TP-AS-CE

El trabajador se encuentra cableando (TP) sin guantes de seguridad (AS) y en un ambiente seguro (CE)



Figura 4.13 TNC-AS-CE

-Clasificación: TNC-AS-CE

El trabajador se encuentra parado que se considera como tiempo ocioso (TNC), no usa guantes de seguridad (AS) y se encuentra en un ambiente ordenado (CE).

Durante el proceso del levantamiento en campo se adoptaron medidas correctivas por cada trabajador encontrado bajo actos y/o condiciones sub estándar. Las medidas correctivas se realizaron según las normas de seguridad de la empresa, las cuales fueron mencionadas en el capítulo 4 -Reglamento interno de la empresa (ítem 4.2.3). Se ha

programado que posteriormente se pueda aplicar la metodología planteada en la misma fase de la obra para comparar los resultados obtenidos y medir el impacto con las medidas correctivas adoptadas.

4.4 Comparación del nivel general de actividad de investigaciones anteriores y el presente estudio

En la siguiente figura se muestran los porcentajes del nivel general de actividad obtenidos en las investigaciones de Morales y Galeas (2005), Kenny Buleje (2012) y Abner Guzmán (2014), Las obras evaluadas de cada investigación hacían uso de la filosofía Lean Construction.

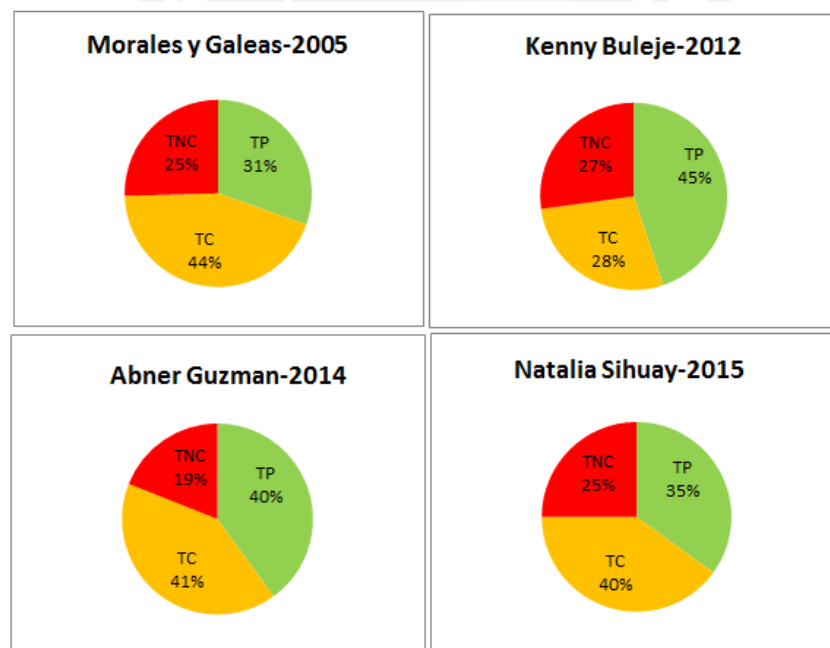


Figura 4-15 Nivel general de actividad de distintas obras

Cabe resaltar que los gráficos presentados en la figura 4-7 son resultados obtenidos a partir de análisis de distintas empresas. La variación porcentual a lo largo de los años 2005 al 2015 se debe al grado de optimización y eficiencia del uso del Sistema Last Planner.

Respecto a los trabajos Productivos (TP) varían de un 31% en el 2005 a un promedio de 42.5% entre el 2012 y 2014 y un 35% en el 2015. Respecto a los trabajos Contributivos (TC) se mantienen en el orden del 40%.

Esta comparación es sin considerar estándares de seguridad. Se debe de ser riguroso al momento de determinar si un trabajo es verdaderamente productivo o contributivo, según lo estudiado, solo pueden ser considerados trabajos productivos o contributivos aquellos que cumplan con los estándares de seguridad. Por ello se presentan los siguientes puntos.

a. Nivel general de actividad promedio bajo condiciones estándar o sub estándar - Método de integración:

Se muestra a continuación los porcentajes promedio encontrados en el caso de estudio. Estos valores pueden compararse si también se compara el listado de la clasificación utilizada. Para la presente investigación se deja la tabla 4.2- Clasificación de los tipos de trabajos. De la figura 4.2-Resultados obtenidos con la metodología de integración (Ítem 4.3.3) se muestra a continuación el resumen de los porcentajes promedio obtenidos en una tabla y un gráfico circular para una mejor visualización.

Tabla 4-7 Porcentajes promedio obtenidos del Nivel General de Actividad

Tipo trabajo	Total de mediciones	Porcentaje
TP-AE-CE	68	17%
TP-AE-CS	1	0%
TP-AS-CE	71	18%
TP-AS-CS	1	0%
TC-AE-CE	99	24%
TC-AE-CS	2	0%
TC-AS-CE	59	15%
TC-AS-CS	1	0%
TNC-AE-CE	42	10%
TNC-AE-CS	5	1%
TNC-AS-CE	55	14%
TNC-AS-CS	0	0%
TOTAL	404	100.00%

Porcentajes promedio utilizando la Metodología de integración

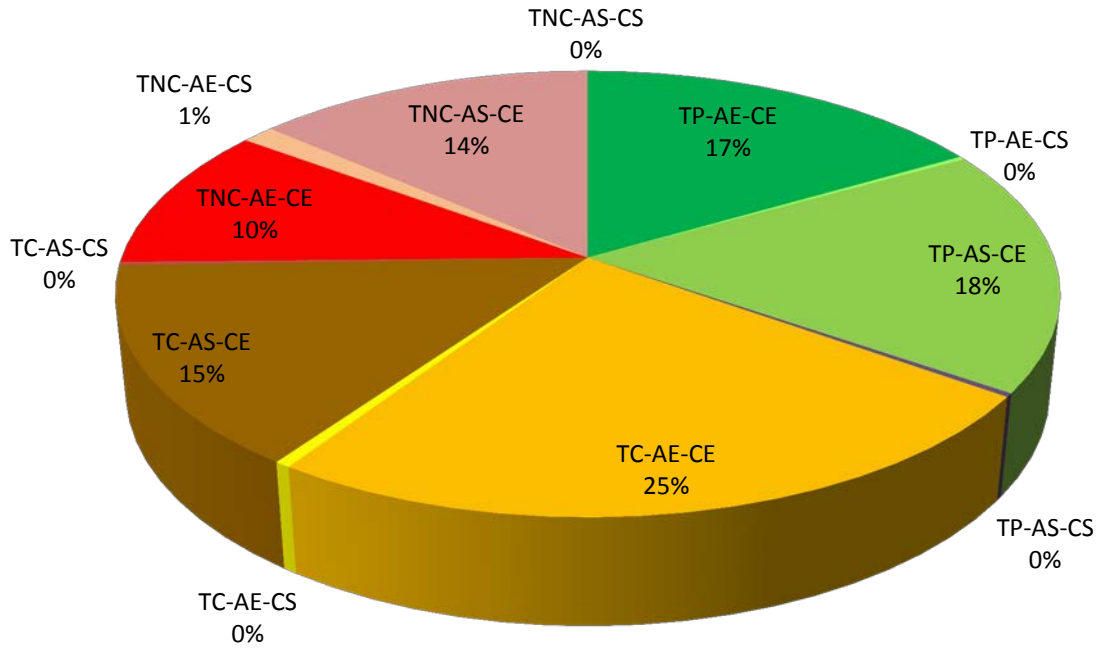


Figura 4-16 Nivel general de actividad promedio encontrado

Podemos notar que se tiene un 17% de trabajos productivos y seguros (TP-AE-CE). Es decir hubo una reducción del 18% respecto a lo inicialmente mostrado en la Figura 4.5 donde se indicaba un 35% de trabajos productivos. Con esta reducción se demuestra que existe una disminución importante cuando se clasifican los trabajos no solo por productividad sino también por seguridad.

b. Resumen de las actividades bajo actos y condiciones sub estándar y sub estándar.

Un dato importante que mostrar es el resumen de la cantidad de trabajos productivos, contributivos y no contributivos que se realizan bajo actos y/o condiciones sub estándar. Son en total un 48% de personas trabajando sin cumplir los requisitos de seguridad. Casi la mitad de todos los trabajadores se encontraba laborando de manera insegura, es un

porcentaje bastante elevado y alarmante. Por otro lado tenemos los porcentajes de productivos con 17% y trabajos contributivos con 25%, ambos bajo actos y condiciones estándar. Estos porcentajes son lo que sí podrían presentados de la siguiente manera:

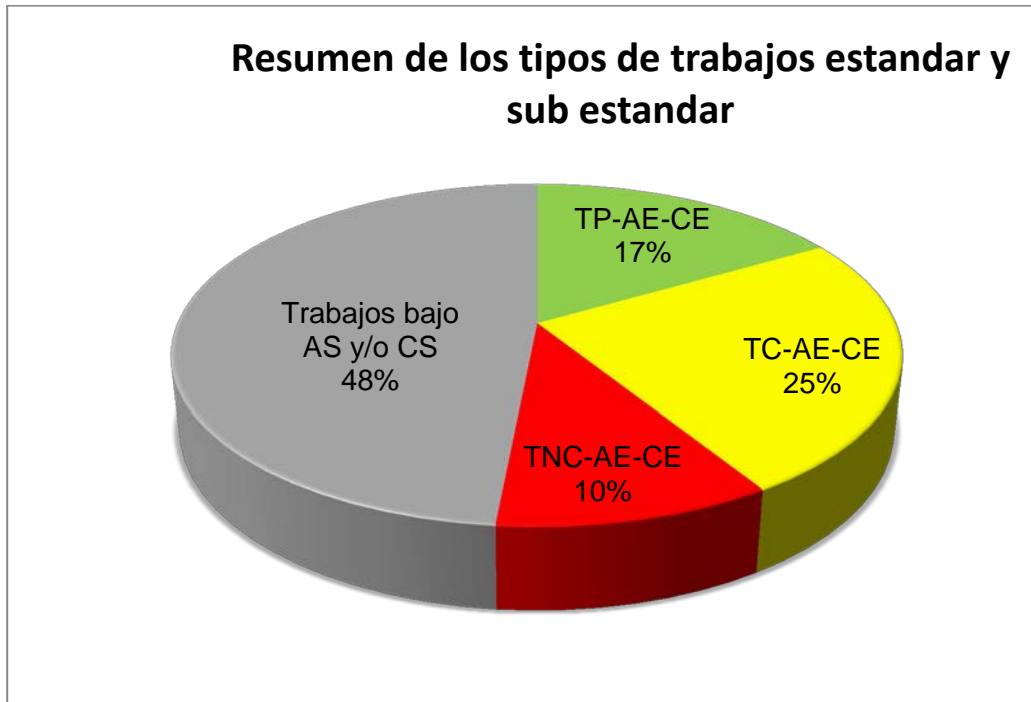


Figura 4-17 Resumen de los Tipos de trabajos estándar y sub estándar

4.5 Correlación estadística de accidentes mortales, serios y menores con los tipos de trabajos según la nueva definición.

Según el plan de seguridad se debe de tener un registro de todos los accidentes ocurridos en obra (menores, serios y mortales). Si se relaciona esta data junto con los porcentajes obtenidos con la metodología de integración entonces se puede obtener una matriz de correlación la cual nos indique en unidad de tiempo, la cantidad de minutos, horas, días y semanas en las que los trabajadores en global o individualmente transcurren ejecutando trabajos productivos, contributivos, no contributivos en condiciones o actos estándar o sub estándar.

Para ejemplificar lo mencionado se utilizará el registro de accidentes de una empresa en el año 2014 presentada en el paper de Brioso (2015).

Tabla 4-8 Mortal, serious and minor accidents 2014

AÑO	TOTAL				
	TOTAL WORKFORCE	TOTAL ACCIDENTS	MINOR	SERIOUS	MORTAL
2014	4,497.00	824	811	12	1

Total de horas trabajadas: 8'457,354 HH

Total de minutos trabajados: 507'441,240 minutos.

Jornal: 8 horas diarias

Días laborados: 236 días

Vamos a suponer que la empresa en cuestión ha utilizado la metodología de integración durante todo el año 2014, habiendo realizado cuatro mediciones con un mínimo de 384 muestras en cada medición (La metodología propone cuatro mediciones: 2 en la etapa de casco y 2 en la etapa de albañilería). A partir de estas mediciones obtiene porcentajes promedio los cuales, para fines prácticos, van a ser los encontrados en el presente trabajo mostrados en la tabla 4.7.

La relación estadística de los tipos de trabajos bajo actos y condiciones estándar y sub estándar con los accidentes menores, serios y graves se muestran en las siguientes tablas:

a. En global:

Tabla 4-9 Correlación matriz de tipos de trabajos y accidentes mortales, serios y leves-Global

Nro.	Clasificación	Porcentaje	GLOBAL			
			Minutos	Horas	Días	Semanas
1	TP-AE-CE	17%	84,365,538.18	1,406,092.30	175,761.54	25,108.79
2	TP-AE-CS	0%	1,185,610.37	19,760.17	2,470.02	352.86
3	TP-AS-CE	18%	90,019,027.65	1,500,317.13	187,539.64	26,791.38
4	TP-AS-CS	0%	1,335,371.68	22,256.19	2,782.02	397.43
5	TC-AE-CE	24%	124,264,447.29	2,071,074.12	258,884.27	36,983.47
6	TC-AE-CS	0%	2,371,220.75	39,520.35	4,940.04	705.72
7	TC-AS-CE	15%	74,294,090.06	1,238,234.83	154,779.35	22,111.34
8	TC-AS-CS	0%	1,185,610.37	19,760.17	2,470.02	352.86
9	TNC-AE-CE	10%	52,790,861.91	879,847.70	109,980.96	15,711.57
10	TNC-AE-CS	1%	6,676,858.42	111,280.97	13,910.12	1,987.16
11	TNC-AS-CE	14%	68,952,603.32	1,149,210.06	143,651.26	20,521.61
12	TNC-AS-CS	0%	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		100%	507,441,240.00	8,457,354.00	1,057,169.25	151,024.18

Estos resultados son en global por los 4,497 trabajadores durante los 236 días laborados. Se puede apreciar que durante este tiempo transcurrieron 26,791 semanas de trabajos productivos bajo actos sub estándar y condiciones estándar (TP-AS-CE).

b. Individualmente por cada trabajador:

Se puede obtener el tiempo que transcurre cada trabajador ejecutando cada tipo de trabajo.

Tabla 4-10 Correlación matriz de tipos de trabajos y accidentes mortales, serios y leves - Por trabajador

Nro.	Clasificación	Semanas por trabajador	Días por trabajador	Horas por trabajador	Minutos por trabajador
1	TP-AE-CE	5.58	39.08	312.67	18,760.40
2	TP-AE-CS	0.08	0.55	4.39	263.64
3	TP-AS-CE	5.96	41.70	333.63	20,017.57
4	TP-AS-CS	0.09	0.62	4.95	296.95
5	TC-AE-CE	8.22	57.57	460.55	27,632.74
6	TC-AE-CS	0.16	1.10	8.79	527.29
7	TC-AS-CE	4.92	34.42	275.35	16,520.81
8	TC-AS-CS	0.08	0.55	4.39	263.64
9	TNC-AE-CE	3.49	24.46	195.65	11,739.13
10	TNC-AE-CS	0.44	3.09	24.75	1,484.74
11	TNC-AS-CE	4.56	31.94	255.55	15,333.02
12	TNC-AS-CS	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total	33.58	235.08	1,880.67	112,839.95

Se puede decir, a partir de la tabla 4.10 que por cada accidente mortal existen 12 serios, 811 menores y 20,017.57 minutos (6 Semanas) de cada trabajador realizando trabajos Productivos bajo actos sub estándar y condiciones estándar (TP-AS-CE) y en global 90,019,027.65 minutos (26,792 semanas) de todos los trabajadores bajo las mismas condiciones antes mencionadas. La obtención de estas cifras hace un llamado a realizar una retrospectiva para conocer los motivos por los cuales un trabajador podría estar pasando 5 semanas bajo un acto sub estándar y el por qué no se ha detectado y corregido.

Dos cuadros importantes que podemos obtener se dan a partir de la relación de los actos y condiciones estándar y sub estándar con los accidentes menores, serios y graves.

Relación estadística de los actos estándar y sub estándar con accidente menores, serios y graves:

Global:

Tabla 4-11 Correlación matriz de actos estándar y sub estándar con accidentes menores, graves y serios

	CLASIFICACIÓN	Porcentaje	Minutos	Horas	Días	Semanas
1	AE	54%	271,654,536.92	4,527,575.62	565,946.95	80,849.56
2	AS	46%	235,786,703.08	3,929,778.38	491,222.30	70,174.61
	Total	100%	507,441,240.00	8,457,354.00	1,057,169.25	151,024.18

Relación estadística de los condiciones estándar y sub estándar con accidente menores, serios y graves:

Global:

Tabla 4-12 Correlación matriz de condiciones estándar y sub estándar con accidentes menores, graves y serios

	CLASIFICACIÓN	Porcentaje	Minutos	Horas	Días	Semanas
1	CE	97%	494,644,175.65	8,244,069.59	1,030,508.70	147,215.53
2	CS	3%	12,797,064.35	213,284.41	26,660.55	3,808.65
	Total	100%	507,441,240.00	8,457,354.00	1,057,169.25	151,024.18

Se puede decir que por cada 811 accidentes menores, hay 12 serios, 1 mortal y 70,175 semanas, en global, que los trabajadores de la obra pasaron bajo actos sub estándar (AS), serían 16 semanas por cada trabajador bajo un acto inseguro. Como se puede observar en cuanto a las condiciones sub estándar solo se tienen 3,809 semanas en global y de manera individual sería casi una semana bajo una condición sub estándar.

4.6 Ejemplo de uso de la Carta Balance utilizando la metodología de integración en obra

En la metodología de trabajo se utilizó la herramienta del Nivel General de Actividad, sin embargo también pudo utilizarse la Carta Balance. En caso de utilizar la Carta Balance se debería de considerar que por cada acto o condición sub estándar , el trabajador debería ser amonestado, re inducido y obligado a corregir el acto o condición sub estándar de inmediato, lo que conllevaría a que se produzca un tiempo de trabajo no contributivo que debería verse reflejado en la carta balance.

Por ejemplo, supongamos un vaciado de losa maciza dividida en 4 sectores de los cuales se vaciarán 2 sectores en un día y 2 al día siguiente. En cada sector se designa una cuadrilla de dos operarios y tres ayudantes, el vaciado debe durar aproximadamente 40 min. Al momento de levantar la información de los tipos de trabajos bajo criterios de seguridad, se percatan que el Obrero 1, no tiene puestos los guantes de seguridad al momento de reglear (ver casilla Nro. 20). Inmediatamente se le debe de llamar la atención y obligar a que se coloque los guantes de seguridad. Para este caso se supone que le tome unos 10 minutos mientras lo amonestan, re inducen y se coloca los guantes, mientras tanto el vaciado continua, para seguir con la producción se coloca a un obrero extra (trayéndolo de otra cuadrilla) para que apoye al Obrero 2 y puedan terminar el vaciado en la hora estipulada.

El trabajo del obrero extra que ingresa para cubrir las labores del Obrero 1 será considerado como No Contributivo pues genera pérdidas en otras labores. La carta balance de lo mencionado sería como se muestra a continuación:

Nro	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3
1	MO	ES	En otra labor
2	MO	ES	
3	VC	VC	
4	VC	VC	
5	VC	MO	
6	VC	MO	
7	VC	MO	
8	VC	RE	
9	MO	MO	
10	MO	MO	
11	MO	MO	
12	ES	RE	
13	MO	RE	
20	RE	RE	RE
21	CAS	RE	RE
22	CAS	RE	RE
23	CAS	RE	RE
24	CAS	RE	RE
25	CAS	RE	RE
30	CAS	RE	RE
31	CAS	RE	RE
32	CAS	RE	RE
33	RE	RE	RE
40	RE	RE	RE
41	RE	RE	RE
42	RE	RE	RE

	TP
VC	Vaciar concreto
RE	Acabado/Regleado
	TC
MO	Mover,acomodar concreto
VI	vibrar
RE/DA	Recibir/Dar instrucciones
LI	Limpieza
	TNC
ES	Esperas
TO	Tiempo Oscioso
VI	Viajes
TR	Trabajo rehecho
	Seguridad
IN	Inducción
CAS	Cambiar acto sub estandar
CCS	Cambiar la condición sub estandar

Figura 4.16 Carta balance

El porcentaje de trabajos No Contributivos ascendería pues el tiempo que le lleva al trabajador corregir su condición u acto sub estándar sería considerado como un tiempo muerto, hablando en términos netamente productivos.

Se deja el planteamiento para que futuras investigaciones puedan realizar la carta balance con las consideraciones de la presente tesis. No obstante es previsible que este método tendrá más barreras o resistencias de ser ejecutado debido a factores económicos.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En este último capítulo se mencionarán las conclusiones obtenidas luego del desarrollo de la tesis donde se evidenciará los logros de los objetivos, la aceptación o rechazo de la hipótesis y los puntos más relevantes estudiados, los cuales se presentan a continuación:

Se logró hacer un breve repaso del Sistema Last Planner donde se presentaron sus herramientas y el uso de cada una. Asimismo se hizo una propuesta de implementación del uso de la planificación colaborativa desde la etapa del Pull planning donde se identificaron las primeras restricciones de producción y seguridad. Se enfatizó el uso de la planificación colaborativa en la etapa de elaboración del Lookahead (Ítem 3.2.3) donde se incita a involucrar a las áreas de soporte con el área de producción. Cabe resaltar que se estudió esta etapa debido a que en la mayoría de las obras se tiende a dar mayor importancia al área de producción dejando de lado a las áreas de soporte, que como bien su nombre lo dice, sirven para apoyar al avance obra. El planificador debe tener en cuenta que es importante que todas sus áreas estén involucradas con el proyecto. Las restricciones que el planificador tenga para el avance de obra no solo pueden delegarse sino que debe haber un diálogo donde cada área de soporte, contratistas y capataces puedan comprometerse de manera formal a levantar cada restricción o dar los motivos por los cuales no podrían y a su vez dar sus propias restricciones.

Es por ello la importancia del uso de la planificación colaborativa donde se incluyan dos reuniones en obra para dar por sentado una programación (Lookahead) y que tenga un buen análisis de restricciones. En el desarrollo del presente trabajo se logró demostrar que una restricción por lo general es levantada por una o más áreas de soporte para ello se manejó una correcta metodología para su análisis. Se propone el formato 3.5 para clasificar la restricción según el tipo que le corresponda (material, equipo, mano de obra, etc.) y a su vez designar a las áreas responsables de levantar la restricción.

Respecto al lookahead de las áreas de soporte se pudo concluir que son importantes para tener resultados positivos y hacer del proceso de construcción una operación más sinérgica. Con respaldo de las publicaciones de Yoza (2011) y Rosas, Ríos, Carrera (2011) se puede decir que con la elaboración de estas programaciones se logra lo siguiente:

-Da una visión general del avance de obra desde todas las perspectivas, logrando conocer las necesidades de la misma y permiten que el residente pueda hacer seguimiento del avance de cada área.

- Identifica a todos los involucrados y compromete de manera tangible el aporte de cada área para realizar lo programado

Cabe mencionar que los lookaheads de las áreas de soporte derivan del lookahead de producción para que todos puedan tener un mismo enfoque y coordinación de fechas. La elaboración y presentación de estos lookahead permitirá al ingeniero de producción realizar una mejor programación considerando las restricciones de todo su equipo y la visión de cada uno de ellos.

Por otro lado es muy importante mencionar que el lookahead de mantenimiento de equipos y herramientas es vital para no detener la producción por falta de operatividad o ausencia de estos. Asimismo para evitar condiciones sub estándar que puedan desencadenar accidentes producidos por un mal mantenimiento.

En el análisis realizado a las obras, se pudo observar el estado organizacional de cada una y el uso del Sistema Last Planner. Se puede concluir que respecto al estado organizacional tienen las áreas de soporte completas (cuatro áreas en total suficientes según Villagarcía, 2011). De las cuales consideran, según grado de importancia, al área de Seguridad en tercer lugar y como primer lugar a Oficina técnica. Esto puede tener correlación con los indicadores de seguridad encontrados tales como tener un 46% de actos sub estándar. Por la importancia de tener un control tanto de productividad y seguridad constantemente.

En cuanto al uso del sistema Last Planner se pudo notar que solo aplican el lookahead dejando de lado el resto de herramientas del Sistema Last Planner lo que ocasiona una deficiencia en cuanto a la verdadera implementación del sistema y en base a este problema se ve la importancia de la presente investigación, pues hace un breve repaso del LPS y también evidencia como es que no solo la utilización del lookahead es suficiente para afirmar que se utiliza la filosofía Lean construction. Como se mencionó en la mayoría de casos los actos sub estándar encontrados eran debido a la falta de uso de guantes y lentes de seguridad. Si fuese por motivo de que la empresa no cumplió con tener los EPPs necesarios entonces se demostraría que alguna de las áreas de soporte responsables no cumplió con su parte de obtener los EPPs a tiempo. Por ello la importancia del análisis de restricciones y lookahead de las áreas de soporte.

Metodología de Integración

Respecto a la metodología de integración (Brioso 2015) nos permite tener un enfoque global de los tipos de trabajos del nivel general de actividad junto con los actos y condiciones estándar y sub estándar.

El presente trabajo logró realizar un listado con la clasificación de los tipos de trabajos (Productivos, Contributivos, No Contributivos), esta clasificación hace posible que los resultados obtenidos sean comparables con otras investigaciones.

Según lo encontrado en el levantamiento en campo se obtuvo que el Nivel general de actividad sin considerar seguridad tenía de trabajos productivos (TP) un 35% y para los trabajos contributivos (TC) un 39%, sin embargo cuando se consideró el factor de seguridad estos porcentajes variaron a un 17% y un 25% respectivamente.

Al presentar esta variación porcentual se resalta que un trabajo productivo o contributivo no puede ser considerado como tal si es que no cumple con las normas de seguridad, por lo tanto cuando se encuentren porcentajes del nivel general de actividad es importante estar seguros que cumplen con los estándares de seguridad.

Por otro lado, es interesante el poder resaltar que con el uso de esta metodología se ha podido identificar que se tiene un porcentaje bastante elevado de los trabajos bajo actos sub estándar un 46 % de los trabajadores en total. En cuanto a las condiciones sub estándar solo se encontró un 3%. Debido a que la empresa otorgó los EPPs completos a los trabajadores, quiere decir que la falta del uso de estos se considera un acto sub estándar, si se diera el caso de que la empresa no entregase los EPPs entonces la falta del uso de estos sería una condición sub estándar.

Respecto a la relación estadística de los accidentes menores, serios y mortales con los tipos de trabajos bajo actos y condiciones estándar y sub estándar se puede decir que en la simulación dada se logró conocer el tiempo en los que sus trabajadores pasaban bajo actos o condiciones sub estándar. Esta data es importante pues nos permite tener mayor control en unidad de tiempo y conocer la cantidad de días, horas o semanas en las que un trabajador o todos los trabajadores puedan estar pasando bajo actos y condiciones estándar o sub estándar. En el ejemplo presentado se podría decir que un trabajador estaría pasando 110 días de los 236 bajo actos sub estándar (Un 46% del total de días laborados).

Según el plan de seguridad, se debe realizar auditorías e inspecciones a lo largo del proyecto así como tener una estadística de los accidentes y enfermedades ocupacionales. Se recomienda que las auditorías internas puedan realizarse cada tres meses, junto con la duración del pull planning, pues es aproximadamente en ese tiempo en el que se cambia de fases (tren de actividades) y por lo tanto sería un buen momento para evaluar la productividad y seguridad.

Se enfatiza que no hay productividad válida si no está acompañada de seguridad, ambos términos son importantes de manejar y hacer cumplir para el éxito de una obra.

Finalmente podemos concluir que es primordial que las empresas que estén usando el sistema Last Planner verifiquen que efectivamente se está usando el sistema completo y no solo el lookahead Plan, asimismo se exhorta a que puedan aplicar la planificación colaborativa con el fin de aumentar su productividad y a su vez obtener un buen clima laboral pues todos conocerían el proyecto, las necesidades y programaciones de todas las áreas.

Asimismo se recalca que la seguridad es tarea de todos y que la productividad debe ir necesariamente acompañada de ésta.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que para obtener la nueva clasificación de trabajos productivos y seguros se realice mediante filmaciones pues es más práctico filmar en campo y procesar los datos en gabinete. Se propone que cada medición sea por aproximadamente una hora y debe de considerarse a todos los integrantes de la obra.
- Si se realizara cartas balance, éstas deben de considerar el tiempo que toma al trabajador salir de un acto o condición sub estándar. Incluye amonestaciones y re inducción.
- Se recomienda tener actualizada la base de datos de los accidentes ocurridos en obra para poder obtener la correlación estadística e accidentes mortales, graves, menores con los tipos de trabajos según la nueva clasificación.

- Se ve por conveniente que en las charlas de inducción y seguridad se deba de mencionar los derechos y deberes de todos los trabajadores y empleados bajo la Norma y Ley que rigen en nuestro país, es importante crear conciencia en todos los involucrados.
- En cuanto a la implementación de la planificación colaborativa (In Process Planning) ésta debe realizarse desde el plan maestro donde el cronograma y presupuesto son elaborados con las personas interesadas y quienes toman decisiones en el proyecto. Así mismo en el plan de fases (pull planning) se debe manejar esta técnica de planificación colaborativa para obtener trenes de trabajo bien elaborados. Respecto a la etapa del lookahead se recomienda que se ejecute la reunión de producción y la reunión del proyecto con espacio de un día. Es sumamente importante que cada área asista con su propia programación con el fin de que pueda mostrar de manera gráfica las restricciones que va a levantar, aquellas que no pueda cumplir y señalar las propias de su área.
- La implementación de la metodología propuesta en el presente trabajo (Planificación colaborativa y metodología de integración) demandan de compromiso por parte de todo el equipo, es recomendable que el Residente sea la persona quien impulse, sea constante y consecuente para que su equipo pueda adaptarse a los cambios.
- Se incita a futuras investigaciones que sigan acompañando lograr la excelencia de producción de la mano con seguridad, pues no solo se debe medir el avance de obra y optimizarlo sino también se debe de seguir protegiendo y mejorando las condiciones de trabajo del factor más importante de toda empresa: el factor humano.

6 BIBLIOGRAFÍA

- KOSKELA, Lauri (1992), "Application of the New Production Philosophy to Construction"
- OGLESBY, C., Parker, H., & Howell, G. (1989), "Productivity improvement in construction". New York; McGraw Hill, USA.
- SERPELL, A.,(2002), "Administración de operaciones de construcción". Alfaomega, México.
- ALARCÓN, Luis Fernando (2009), "Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas" Chile
- BALLARD, G, Howell, G. (1997) "Implementing Lean Construction: Stabilizing the work flow", Proceedings of the 2nd IGLC Conference, Santiago, Chile
- BALLARD, G. (2000) "The Last Planner System of Production Control", Tesis presentada en la Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Birmingham
- SARMIENTO, A, Serpell, A. (1999) "Implantación de un sistema de Costos y Calidad en proyectos de construcción " Proceedings del 17avo Congreso Nacional de Control de Calidad y 9no seminario Asia Pacífico de Calidad, México
- SERPELL, A. Verbal, R. (1990) "Análisis de operaciones mediante Cartas de Balance " Revista de Ingeniería de Construcción, Nro. 9. Julio -Diciembre.
- CÓDIGO PENAL PERUANO "Artículo 168-A. Atentado contra las condiciones de seguridad y salud en el trabajo"
- BRIOSO, Xavier. (2015) "A simple methodology for integrating productive, contributory and non-contributory Works whit safe and unsafe acts and conditions", Departamento de Ingeniería, PUCP, 2015.
- YOZA, Agustín (2011) "Impact of The Last Planner method on sanitation works, Lima,Perú, 19th Anual Conference international Group for Lean Construction, Lima, Perú
- ROSAS,Rios,Carrera (2011) "Implementing Last Planner in open pit mining projects: Case study" Lima,Perú, 19th Anual Conference international Group for Lean Construction, Lima, Perú
- Lean Construction Institute (2016) Estados Unidos,
web site <<http://www.leanconstruction.org>>
- VILLAGARCIA, S 2011"Formalization as a way of cordinating and control in a construction firm" In: Rooke, J. & Dave B., 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction . Lima, Perú.

GHIO, Virgilio (2001) "Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta" Pontificia Católica del Perú, Fondo Editorial, Lima, Perú

MORALES, Nayda, Jhon Galeas(2006) "Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta" Pontificia Católica del Perú, Lima, Perú

GUZMAN, Abner (2014) "Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos" Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

BULEJE, Kenny (2012) "Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction" Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

IZQUIERDO, Jorge Luis, Roberto ARBULÚ (2008)) "Application of production Conference international Group for Lean Construction, Lima, Perú

ALFONSO, Ares Rodrigo (2009) Tesis de Grúa Torre, web site
<<https://es.scribd.com/doc/75248828/Gruas-Torre-Tesis>>

GONZALES, Sandoval Federico, (2015) Manual de supervisión de obras de concreto, Limusa, México

IZQUIERDO, Jorge Luis, Roberto ARBULÚ (2008)) "Application of production Conference international Group for Lean Construction, Lima, Perú

MIRANDA, Daniel (2012) "Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana" Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

<http://www.jipm.or.jp/en/>

<http://www.ceroaverias.com>

<http://www.areaspm.com>

TRACSA S.A. Web site

HUNDAY S.A. HYA G04