

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



**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN  
CONSTRUCTION PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS  
Y TIEMPOS EN LA AMPLIACIÓN DEL COLEGIO  
MARKHAM**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS EDUARDO BRACAMONTE CORREA**

**Lima- Perú**

**2015**

## DEDICATORIA

Con mucho amor dedico este paso en este gran camino a mi madre y a mis tías quienes me acompañan en el trayecto de manera incansable y sin importar las dificultades, a mis familiares por estar siempre presentes, a mis amigos y seres queridos por la compañía y las fuerzas brindadas en todo momento. Muchas gracias.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
1.1 TEORÍAS DE GESTIÓN .....	10
1.2 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN.....	15
1.3 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES .....	17
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>26</b>
2.1 HERRAMIENTAS.....	26
2.2 ANALISIS DE RESTRICCIONES.....	29
2.3 PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC).....	29
2.4 INFORME SEMANAL DE PRODUCCION (I.S.P.).....	29
2.5 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD.....	29
2.6 PRESUPUESTO DE OBRA .....	30
2.7 SECTORIZACION.....	30
2.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD.....	30
2.9 CARTA BALANCE .....	31
<b>CAPÍTULO III.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO DE ESTUDIO.....</b>	<b>32</b>
3.1 DATOS DEL PROYECTO .....	32
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	32
3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	32
3.4 PRODUCCIÓN DE LA OBRA .....	33
3.5 ASPECTO TECNOLÓGICO.....	34
3.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PROYECTO .....	37

<b>CAPÍTULO IV.- RUTA DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN. ....</b>	<b>38</b>
4.1 PARTE DIARIO .....	38
4.2 PRESUPUESTO DE OBRA .....	39
4.3 DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS.....	46
4.4 PROGRAMACIÓN ANTICIPADA DE RECURSOS .....	49
<b>CAPÍTULO V.- PROYECTO OBJETO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PROPUESTAS.....</b>	<b>53</b>
5.1 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD .....	53
5.2 RETROALIMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CORRECTIVAS .....	58
5.3 PROBLEMAS DE MANEJO EN LAS HERREMIENTAS.....	60
5.4 PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION. ....	61
<b>CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
6.1 CONCLUSIONES.....	64
6.2 RECOMENDACIONES .....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>

## RESUMEN

El objetivo principal del presente Informe de Suficiencia es mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de la **Ampliación del Colegio Markham**, ubicado en Miraflores, aplicando algunos conceptos de la filosofía **Lean Construction**. En los primeros capítulos se presenta la teoría acerca de la filosofía Lean Construction, definiciones y marco teórico, para después mostrar la aplicación a la construcción del túnel que corresponde a parte del proyecto, el proyecto sobre el cual se basa el presente informe de suficiencia es la **Ampliación del Colegio Markham**, ejecutado por **Constructora AESA**.

Además de las herramientas que propone el IGLC (International Group of Lean Construction), se tomara mediciones de rendimiento reales de las actividades productivas en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Producción), con lo cual se demostrara la especialización del personal obrero. Mediante cartas balance se propone soluciones claras y directas para el aumento de la productividad de dicha obra. Es importante mencionar que la filosofía Lean abarca todo el universo del proyecto, desde la definición del proyecto, hasta su uso. El presente informe sólo se enfocará en los procesos de mayor de incidencia dentro de esta etapa del proyecto, la etapa de construcción (lo que Lean llama ensamblaje sin perdidas) y sobretodo haciendo uso de básicamente cartas balance para poder tomar decisiones de mejora y tener resultados favorables sobre la disminución de desperdicios y tiempos no productivos logrando el aumento de la productividad.

## SUMMARY

The main objective of this Report of Sufficiency is to show how production is handled in the construction of the **Expansion of Markham College**, located in **Miraflores**, using some concepts of **Lean Construction** philosophy. In the early chapters the theory of Lean Construction philosophy, definitions and theoretical framework is presented to show the application after the Tunnel corresponding to part of the project, the project on which this report is based sufficiency is **Expansion of Markham College**, executed by **Constructora AESA**.

In addition to the tools proposed by the IGLC (International Group of Lean Construction), measurements of actual performance of productive activities in a format called ISP (Weekly Production Report) was taken, which specialization is demonstrated working personnel. By balance letters, clear and direct solutions is proposed for increasing productivity in that work. It is noteworthy that the Lean philosophy encompasses the entire universe of the project from project definition until use. This report will focus only on the processes of greatest incidence within this phase of the project, the construction phase (which Lean assembly called lossless) and overall balance basically using cards to make decisions to improve and get results favorable for reducing waste and making non-productive times increased productivity.

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Evolución de la Filosofía LEAN.....	10
<b>Cuadro 2:</b> Cuadro cuantitativo de desperdicios - Jhon Skoyles.....	22
<b>Cuadro 3:</b> Cuadro cualitativo de desperdicios – Soibelman.....	22 - 23
<b>Cuadro 4:</b> Cuadro cuantitativo de desperdicios - Flavio Picchi.....	23 - 24
<b>Cuadro 5:</b> Competencias más importantes para la Productividad.....	24
<b>Cuadro 6:</b> Competencias más fáciles de ser logradas.....	25
<b>Cuadro 7:</b> Carta Balance aplicado a Encofrado de muros.....	31
<b>Cuadro 8:</b> Plan Diario.....	38
<b>Cuadro 9:</b> Presupuesto de obra ADICIONAL N°19: Presupuesto Túnel.....	40
<b>Cuadro 10:</b> APU “Concreto y Encofrado de Muros”. ADICIONAL N°19.....	42
<b>Cuadro 11:</b> APU “Acero $f_y=4200$ Kg/cm <sup>2</sup> ”. ADICIONAL N°19.....	43
<b>Cuadro 12:</b> Dimensionamiento de Cuadrillas “Cimentación para Muros”.....	47
<b>Cuadro 13:</b> Dimensionamiento de Cuadrillas “Muros de Concreto Armado”.....	48
<b>Cuadro 14:</b> Dimensionamiento de Cuadrillas “Zapatas de Concreto Armado”.....	48
<b>Cuadro 15:</b> Dimensionamiento de Cuadrillas “Columnas de Concreto”.....	48
<b>Cuadro 16:</b> Resumen de Dimensionamiento de cuadrillas.....	49
<b>Cuadro 17:</b> Programación de Zapatas y Columnas.....	50
<b>Cuadro 18:</b> Extracción, Programación Maestra: Túnel del Colegio Markham....	51
<b>Cuadro 19:</b> Programación de Recursos, Identificación de Restricciones.....	52
<b>Cuadro 20:</b> Control de avance de metrados. Herramienta de control ISP.....	54
<b>Cuadro 21:</b> Recursos Programados HH. Herramienta de control ISP.....	54

<b>Cuadro 22:</b> Recursos Reales HH-Reales. Herramienta de control ISP.....	55
<b>Cuadro 23:</b> Informe Semanal de Producción ISP.....	55
<b>Cuadro 24:</b> Ingreso de metrados para el ISP.....	56
<b>Cuadro 25:</b> Reporte de Horas Hombre HH semanales.....	57
<b>Cuadro 26:</b> Cálculo y Análisis de Brechas de HH ganadas o perdidas, ISP.....	58



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N° 01.- Programación Maestra.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura N° 02.- Look a head.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura N° 03.- Sectorización de volúmenes de Trabajo- Muros.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura N° 04.- Sectorización de volúmenes de Trabajo-Losas de Techo.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura N° 05: Excavaciones para el Túnel del Colegio Markham.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura N° 06.- Ubicación de la torre grúa con un brazo de radio de 50ml.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura N° 07.- Extracto, Plano de Cimentaciones 1708-E-16-07-14.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura N° 08.- Ingresos al proyecto para el trasladado de Acero.....</b>	<b>59</b>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el modelo tradicional de programación y herramientas de control para la construcción de un proyecto, aplicado a la mayor parte del mercado, se caracteriza por tener procesos ineficientes, con mayor variabilidad en el trabajo y con menor control de este, generando reproceso y sobrecostos al finalizar el proyecto. Ante esto, surge la siguiente interrogante: ¿Es posible optimizar el sistema de producción, reducir la variabilidad de los proyectos y asegurar un margen mayor de rentabilidad en el proyecto? La construcción se caracteriza por vender pocos volúmenes y tener una gran variedad en sus productos. Según **Barry Render**, autor del libro “**Principios de la Administración de Operaciones**”, las empresas constructoras deben enfocarse en la mejora de sus procesos de forma continua.

En este contexto, la filosofía “**Lean Construction**” aporta mejoras al sistema de producción, basados en la optimización de los procesos de operación y la gestión de los diversos recursos. En consecuencia, se logra mayor eficiencia frente al método tradicional de construcción.

Si bien es cierto, la filosofía “**Lean Construction**” establece un modelo de pensamientos respecto al gerenciamiento de proyectos de construcción para lo cual existen técnicas o herramientas, que basadas en la filosofía, nos ayudan a obtener resultados y lograr los objetivos que se mencionan en el párrafo anterior.

El estudio está basado en la implementación de las herramientas de control para el proyecto “Ampliación del Colegio Markham” ubicado en Augusto Angulo 291, San Antonio Miraflores, Lima - Perú.

Para ello se describirá cada capítulo correspondiente a este estudio:

Capítulo 01: Se presenta la Filosofía Lean Construction, su desarrollo, sus Principios, las herramientas de Control y Gestión aplicadas; además presenta la metodología Last Planner, el Análisis de las Restricciones, los Tipos de

desperdicios entre otros aspectos que conforman Lean Construction y que se evaluarán en este informe.

Capítulo 02: Describe cuáles son las herramientas de programación empleadas en este estudio, la metodología de programación basada en el Sistema Last Planner, la definición del Informe Semanal de Producción, los Índices de Productividad, la Sectorización y división de volúmenes de trabajo, entre otros aspectos.

Capítulo 03: Muestra detalles sobre el Proyecto en el cual se implementaron las herramientas de control, descripción del Proyecto "Ampliación del Colegio Markham", las unidades de producción, las tecnologías aplicadas para su ejecución.

Capítulo 04: Nos indica cual será nuestra ruta a seguir para el planeamiento del proyecto en estudio, en el cual se describe de que manera están entrelazados los Presupuestos basado en un análisis de Precios Unitarios de los cuales se obtienen los Índices de Productividad, con las Unidades o Volúmenes de Producción, el dimensionamiento de las cuadrillas por actividades, etc.

Capítulo 05: Está enfocado al Informe Semanal de Producción I.S.P que es la Herramienta de Control empleada en el Proyecto Ampliación del Colegio Markham, desde el cual se hace un seguimiento a las Horas Hombre, Índices de Productividad, Avance y medición de brechas a cada una de las partidas a controlar; además se da una pequeña descripción del procedimiento a seguir para la implementación del I.S.P.

## CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

### 1.1 TEORÍAS DE GESTIÓN

#### 1.1.1 EVOLUCIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN

A continuación se presentarán las principales definiciones de los términos o conceptos más usados de la filosofía Lean Construcción para el desarrollo del proyecto Ampliación del Colegio Markham.

**Cuadro 1.1:** Evolución de la Filosofía LEAN.

Teorías	F. Taylor Henry Ford Producción masiva Departamentos funcionales División del trabajo	Justo a Tiempo	Producción LEAN	Administración de la calidad total (TQM) Dignización masiva	Ingeniería recurrente Six SIGMA	Nace LEAN en Empresa Toyota	LEAN Flujo Continua	Pensamiento LEAN
AÑOS	1920	1930-1945	1945	1960	1985	1980	1985	1996

La evolución de la **filosofía LEAN** se puede observar en el cuadro 1-1, donde el **pensamiento LEAN** tiene su origen en la industria automotriz, siendo el resultado de la evolución de las mejores prácticas en esta industria y se aplicó especialmente al desarrollo de nuevos productos, lo cual fue fundamental para el desarrollo de la competencia de esta industria. Se dio en el año 1920 por medio de **la Producción masiva** desarrollada por Henry Ford, convirtiéndose en una de las innovaciones más trascendentales de la era industrial, 'la línea de ensamblado'.

En medio de la explosión de la revolución industrial y el desarrollo de la producción en gran escala, el sociólogo y economista Frederick Taylor ideó un sistema organizativo que haría funcionar de manera eficiente el modelo Fordista de producción. Él propuso lo que es conocido como teoría científica de la administración, es decir, la forma de división del trabajo y especialización que Ford había constituido en la línea de ensamblado. Una de las características de este modelo era su configuración organizativa: departamentos funcionales rígidos. (Lledó P. Rivarola G. Mecaru R. Cucchi D, 2006).

En los años 1930 y 1945 se desarrolló el concepto **Justo a tiempo** donde Kiichiro Toyota decretó que la operación de Toyota no debería tener excesos de inventarios y tendrían que trabajar seriamente en sociedad con los proveedores para nivelar el inventario y la producción. **Justo a tiempo** es un sistema de producción que hace y entrega justo lo que se necesita, justo en la cantidad que se necesita. Se fundamenta en tres elementos:

- Sistema de halar (*pull system*).
- *Takt time*, la demanda del cliente.
- Flujo continuo.

Continuó el desarrollo de la filosofía a través del concepto **Producción LEAN** entre los años 1945-1960, este sistema fue desarrollado por Toyota después de la segunda guerra mundial, el sistema **LEAN** es un proceso o sistema que produce un flujo continuo de materiales y productos manejados por programación fija, ordenada y nivelada, utilizando la flexibilidad y los conceptos de **LEAN Manufacturing** con un mínimo de actividades que no agregan valor.

En el año 1960 se fundamenta la Administración total de la calidad en la cual surge la idea de organizar las actividades de diseño y producción de una manera más matricial, esto sin abandonar la estructura formal de manera funcional. (Lledó P. Rivarola G. Mecaru R. Cucchi D, 2006). Para comprender lo anterior se define:

**Estructura funcional:** de la división del trabajo y de la búsqueda de objetivos comunes surge la necesidad de la coordinación de tareas de sus miembros, lo que implica que cada integrante de la organización debe cumplir un rol y una función específica en el engranaje organizacional, vinculándose con otros miembros a través de relaciones de jerarquía. Las organizaciones funcionales son verticales con cadenas de mando claramente definidas, donde los individuos tienen rangos de jerarquías que les permite conocer el lugar que ocupan en la organización y a quien reportan. (Lledó & Rivarola, 2007)

**Estructura matricial:** combina dos formas de departamentalización, por función y por producto. La fortaleza de la departamentalización por funciones radica en que reúne los especialistas, lo que minimiza el número necesario al mismo tiempo permite agrupar y compartir recursos especializados para varios productos. Su desventaja principal es la dificultad de coordinar las tareas de diversos especialistas de cada función de modo que sus actividades se terminen a tiempo y dentro del presupuesto.

La departamentalización por producto facilita la coordinación entre especialista para terminar a tiempo y cumpliendo los objetivos del presupuesto, asignando responsabilidades claras para todas las actividades relacionadas con un producto, pero se puede dar la duplicación de actividades y costos.

Como evolución natural de la calidad total y las estructuras matriciales en el año 1985, surge la ingeniería recurrente por metodologías que mejoran el desempeño de control de procesos para mejorar la calidad y ayudan a la prevención de errores en los procesos industriales tal es el caso de **Six-Sigma**, (iniciada por Motorola en 1986) aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo. (Lledó P. Rivarola G. Mecaru R. Cucchi D, 2006).

Nace **El pensamiento LEAN** en la década de los años noventa, filosofía que define la técnica para hacer más eficientes los procesos en una organización, nació en la empresa Toyota de la industria automotriz japonesa, en esta empresa desarrollaron un sistema simple de organización del trabajo y de gestión de proyectos, creado por Taiichi Ohono, con la ayuda de dos integrantes de Toyota Motor Company. (Lledó P. Rivarola G. Mecaru R. Cucchi D, 2006).

### 1.1.2 ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION?

**LEAN Construction** es un proceso basado en proyectos de construcción; la construcción sin pérdidas trata de reducir la variación en todos los aspectos como la calidad del producto, el tiempo de respuesta y gestionar la variación de los cambios en el proyecto. El reductor de variación en cada proyecto es uno de los métodos de la aplicación de **LEAN Construction**, esta idea es fuertemente utilizada en la normalización y gestión de los proyectos.

Según (Benlloch , Tienda, Romano, & Doria Gil, 2011) **La aplicación de la metodología LEAN Construction** debe ser afrontada desde dos enfoques diferentes pero inseparables, un enfoque cualitativo el cual establece los objetivos y principios metodológicos a partir de las debilidades detectadas en los modelos tradicionales, y un enfoque cuantitativo, que deberá implementar las anteriores directrices metodológicas, mediante la aplicación de los modelos matemáticos del **Project scheduling** (*Programación de Proyectos*) y de la programación óptima de la producción, ofrecidos por la Investigación Operativa, generan excelentes resultados en la secuenciación de procesos industriales a través de la implementación del **LEAN Manufacturing**.

La implementación de las herramientas cuantitativas necesarias para poder acometer con rigor la secuenciación óptima de un proyecto de construcción o edificación, requiere de la algorítmica y de los programas informáticos que la implementen, que contemplen las particularidades del sistema productivo de la construcción, generándose importantísimos avances de las últimas décadas en **scheduling** y planificación óptima de la producción han permanecido ajenos a los programas comerciales y aún más a las especiales particularidades que tienen los procesos constructivos, el **LEAN Construction y del LPS (Last Planner System of Production Control)**. (Benlloch, Tienda, Romano, & Doria Gil, 2011).

### 1.1.3 PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION

La industrialización de la construcción es muy compleja, por esto es importante regirse de normas o principios que encaminen hacia un mejor entendimiento de lo que implica la implementación de **Lean Construction** en cualquier proyecto de ingeniería civil. Algunos principios por los cuales podemos regirnos en la filosofía Lean son:

- Identificar el valor del proyecto e incrementarlo bajo las necesidades del cliente.
- Programar el flujo de valores.
- Simplificar y minimizar pasos y etapas.
- Implementar la entrega por demanda.



- Buscar la perfección y el desarrollo continuo.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir los tiempos de ciclo.
- Incrementar la flexibilidad.
- Incrementar la transparencia.
- Otorgar poder de decisión a los trabajadores.
- Benchmarking (Modelos de éxito)

#### **1.1.4 HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION**

Para un entendimiento óptimo de **Lean Construction**, es necesario entender cuáles son las funciones de cada una de las herramientas que forman parte del mismo. Estas existen, como forma de simplificar la aplicación de Lean Construction en los procesos de administración y gestión de una obra. Según distintos autores (Picchi, 1993; Womack, et al., 1996; From seeing to doing, 1999; Bertelsen, 2001) las herramientas no son más, que la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional. **9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Medellin, Colombia WE1- 3 August 3-5, 2011**

#### **1.1.5 ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS POR DEMANDA (PULL-DRIVEN PROCESS MANAGEMENT)**

Consiste en ejecutar una actividad sólo cuando sea pre-requisito inmediato de otra actividad. Su objetivo es construir de forma óptima en términos de tiempo y costo, sin olvidar la calidad.

#### **1.1.6 JUSTO A TIEMPO (JUST IN TIME)**

"JIT (De sus siglas en inglés Just In Time) es una herramienta usada para describir la transportación de materiales al sitio de la construcción, implicando que estos materiales serán trasladados a su destino para su fácil instalación y serán instalados inmediatamente lleguen a su localización final, sin ningún tipo de demora como ser almacenados en algún lugar o área definida (Tommelein, et al., 1999).



### **1.1.7 REINGENIERÍA EN EL PROCESO DE NEGOCIO (BUSINESS PROCESS REENGINEERING)**

Reingeniería es el acto de rediseñar y repensar ciertos procesos de la producción. Es realizar los cambios necesarios para una mejora en costo, calidad, servicio y tiempo de entrega (Hammer, et al., 1993).

### **1.1.8 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN BASADO EN LA LOCALIZACIÓN (LOCATION BASED MANAGEMENT SYSTEM)**

Esta herramienta es un sistema técnico de administración natural de Lean Construction, que se concentra en pronosticar el ciclo de obra mientras este se ejecuta a través de las localizaciones de los equipos de trabajo, conjunto a su distribución y movimiento, lo que permite identificar posibles tiempos de holgura. El sistema se basa en cuatro principios básicos: Punto de referencia o línea base, flujo, progreso y pronóstico (Seppänen, et al., 2010).

### **1.1.9 GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL (TOTAL QUALITY MANAGEMENT)**

Es un conjunto de estrategias de gestión basadas en conseguir que se cumplan las demandas del cliente. Se enfoca en el cumplimiento de los procesos y en la mejora continua de estos. La calidad debe estar controlada y aprobada antes de que una actividad sea caracterizada "completa". Con esto, se asegura que las actividades subsecuentes no se realicen a partir de actividades defectuosas (Misfeldt, et al., 2004).

## **1.2 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN**

### **1.2.1 EL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER SYSTEM)**

El sistema denominado Último Planificador, herramienta más utilizada dentro de la filosofía de Lean Construction, presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son controlados y planificados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad” (Botero Botero, et al., 2005).

El Último Planificador está compuesto por tres fases o componentes, las cuales se enfocan en diferentes periodos de tiempo y a su vez en detalles de planificación:

1. **En primer orden** se tiene a la **Planificación General**; el plan maestro de la ejecución del proyecto.
2. **En segundo orden** la **Planificación Intermedia (Lookahead)**, que consiste en detallar por periodos de 4 a 6 semanas la Planificación General, de modo que no existan desperdicios (materiales y tiempo);
3. **En tercer orden** la **Planificación Semanal**, donde se realiza por medio del Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC), midiendo el porcentaje del plan completado y permitiendo aprender de las causas de no cumplimiento.

### 1.2.2 LÍNEAS DE TRABAJO

Para lograr una planificación confiable es necesario conocer cuando realmente se realizarán las actividades y por tanto se podrá también planificar el abastecimiento de los recursos tal como se indicó anteriormente. Por ello en las edificaciones tipo vivienda, proyectos lineales o aquellos donde el producto a realizar sea repetitivo, se utilizan las líneas de trabajo, de modo similar a las líneas de producción en las fábricas.

Las líneas de trabajo se refieren a una secuencia de procesos dependientes entre sí donde la ejecución de cada uno de ellos es indispensable para la elaboración de un producto final.

Por ejemplo:

- Primero se realiza la colocación de acero de muro.
- Luego se encofran los muros.
- Después se llena de concreto en los muros.
- Luego se coloca el encofrado de losa.
- Luego se coloca acero de losa y las respectivas instalaciones.
- En seguida se llena de concreto la losa y finalmente se regresa al proceso inicial el cual es la colocación de acero de muro para el siguiente nivel.

Para el presente informe de suficiencia la programación de estas actividades se desarrollaron en paralelo ya que se trata de una obra lineal y las cuadrillas fueron distribuidas para que se pueda trabajar de esa manera.

### 1.3 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

La Teoría de las restricciones fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt al principio de los 80 y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. Esta teoría establece que un conjunto de procesos con interrelaciones y dependencias se mueve a la velocidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. La teoría enfatiza la definición de los principales factores limitantes los cuales se denominan restricciones o “cuellos de botella” y cómo hallarlos.

En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas (E. Goldratt; La meta). Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

#### 1.3.1 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

El punto de partida de todo el análisis es que la meta final es ganar dinero, y para hacerlo es necesario elevar el **rendimiento** (volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema). Sin embargo, si una planta industrial quiere producir a través de un aprovechamiento integral toda su capacidad instalada la llevaría en sentido contrario a la meta si esas unidades no pueden ser vendidas.

Podría considerarse como solución a esto tener una planta balanceada, es decir igualar la capacidad de cada uno de los recursos con la demanda del mercado.

Sin embargo, ello constituye un gravísimo error pues igualar la capacidad de cada uno de los recursos productivos a la demanda del mercado implica inexorablemente perder throughput y elevar los inventarios (E. Goldratt, La Meta). Para entender ello deben considerarse los siguientes fenómenos:

- **Eventos dependientes:** un evento o una serie de eventos deben llevarse a cabo antes de que otro pueda comenzar. Para atender una demanda de 100 previamente es necesario que el recurso productivo número dos fabrique 100 unidades y antes que este, es necesario, que lo mismo haga el recurso productivo número uno.
- **Fluctuaciones estadísticas:** suponer que los eventos dependientes se van a producir sin ningún tipo de alteración es una utopía. Existen fluctuaciones que afectan los niveles de actividad de los distintos recursos productivos, como pueden ser: calidad de la materia prima, ausentismo del personal, rotura de máquinas, corte de energía eléctrica, faltante de materia prima e incluso disminución de la demanda.

La combinación de estos, genera un desajuste inevitable cuando la planta está balanceada, produciendo la pérdida de throughput y el incremento de inventarios.

### 1.3.2 TIPOS DE RESTRICCIONES

Se identifican 2 tipos de restricciones:

- **Las restricciones físicas:** Se refieren al mercado, al sistema de manufactura y a la disponibilidad de materia prima.
- **Las restricciones de política:** Se encuentran atrás de las físicas. Por ejemplo: Reglas, procedimientos, sistemas de evaluación y conceptos. Para lograr la meta más rápidamente es necesario romper con varios paradigmas.

Los más comunes son:

- Operar el sistema como si se formara de “eslabones” independientes, en lugar de una cadena.
- Tomar decisiones, entre ellas la fijación de precios, en función del costo contable, en lugar de hacerlo en función de la contribución a la meta (Rendimientos).

- Requerimientos de una gran cantidad de datos cuando se necesitan de pocos relevantes o de suma importancia.
- Copiar soluciones de otros sistemas en lugar de desarrollar soluciones propias en base a metodologías de relaciones lógicas de “**efecto-causa-efecto**”.
- La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal.

### 1.3.3 ENFOQUE SISTÉMICO DEL TOC

- 1) **Identificar las restricciones del sistema:** Una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distinto tipo de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.
- 2) **Explotar las restricciones del sistema:** Implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
- 3) **Subordinar todo a la restricción anterior:** Todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor)
- 4) **Elevar las restricciones del sistema:** Implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción. Ejemplo: Tercerizar.
- 5) Si en las etapas previas se elimina una restricción, volver al paso 1.

### 1.3.4 FENÓMENO DEL CUELLO DE BOTELLA

Los cuellos de botella no son ni negativos ni positivos, son una realidad y hay que utilizarlos para manejar el flujo del sistema productivo. Lo que determina la capacidad de la producción es la capacidad del recurso cuello de botella (E. Goldratt, La Meta). Lo importante está en equilibrar esa capacidad con la demanda del mercado, y a partir de ahí balancear el flujo de producción de todos los recursos productivos al ritmo del factor productivo cuello de botella. La clave consiste en aprovechar al máximo los cuellos de botella; una hora perdida en este tipo de recursos es una hora perdida en todo el sistema productivo.

Los cuellos de botella deben trabajar prioritariamente en productos que impliquen un aumento inmediato del rendimiento o throughput y no en productos que antes de convertirse en rendimiento o throughput serán inventarios. Pero ocuparse de los cuellos de botella no implica descuidar aquellos que no lo son, porque dejarlos fabricar libremente aumenta los inventarios y los gastos de operación innecesariamente.

### **1.3.5 LOS BUFFERS DE TIEMPO**

Los buffers de tiempo se diseñan para proteger la generación de los volúmenes de trabajo y la variabilidad interna del sistema productivo. Para ello se mantienen inventarios durante el proceso o finalizando este, mejorando la respuesta del sistema operativo a la demanda del mercado. Los buffers se localizan en los cuellos de botella y en aquellos procesos con gran variabilidad sea por capacidad de producción, errores de calidad, abastecimiento de recursos, etc. El tamaño de estos se define a través de prueba y error, iniciando en 50% del tiempo total de proceso.

### **1.3.6 DESPERDICIOS**

Desperdicio se define como “cualquier pérdida producida por actividades que generan, directa o indirectamente, costos pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente final” (Formoso, Issato, Hirota. Berkeley, California, Estados Unidos, 1999)

Clasificación:

#### **I. Según su capacidad de ser eliminado**

##### **1) Desperdicio Evitable**

Es aquel cuyo costo de desperdicio es significativamente mayor que el costo para prevenirlo.

##### **2) Desperdicio Inevitable**

Conocido como desperdicio natural, es aquel cuya inversión necesaria para su reducción es mayor que el costo que este genera.

## II. Según su naturaleza (Carlos Formoso. UFRGS, Brasil, 1999).

- 1) Desperdicio por sobreproducción
- 2) Desperdicio por sustitución
- 3) Desperdicio por tiempo de esperas
- 4) Desperdicio por transporte
- 5) Desperdicio por procesamiento
- 6) Desperdicio por movimientos
- 7) Desperdicio por elaboración de productos defectuosos

## III. Según el tipo de desperdicio (Rodrigo Pinto, Brasil 1989)

- 1) **Directo:** Es el material que se remueve directamente de la obra (escombros)
- 2) **Indirecto:** Es el material incorporado innecesariamente, puede ser mayor que el desperdicio directo.

Resultados:

Las pérdidas se pueden generar por un inadecuado diseño, planificación deficiente o fallas de logística. Sin embargo en el presente informe se hablará sobre desperdicios ocasionados en la parte de la construcción. Algunos estudios previos con respecto a la medición de desperdicios mencionan lo siguiente:

El estudio de John Skoyles toma en cuenta el porcentaje de pérdida considerado en el presupuesto. Después realiza el estudio en un número de obras y determina el porcentaje de pérdida real. En el cuadro se muestra el porcentaje mínimo, el máximo y el promedio. El cuadro muestra que el 80% de materiales tiene un porcentaje de desperdicio mayor al presupuestado. Más aún, El material que tiene mayor diferencia es el concreto en infraestructura, el cual suele ser el material con mayor incidencia en el presupuesto cualquier obra en el Perú.

## 1.- John Skoyles (1976)

**Cuadro 2:** Cuadro cuantitativo de desperdicios – John Skoyles.

	Núm. obras	Perdida (%)		Indice de pérdidas (%)	
		Min	Max	Prom.	Ppto.
Concreto en Infraestructura	12	3	18	8	2.5
Concreto en Superestructura	3			2	2.5
Acero	1			5	2.5
Ladrillos corrientes	68	1	20	8	4
Ladrillos cara vista	62	1	22	12	5
Ladrillos estructurales huecos	2			5	2.5
Ladrillos estructurales macizos	3	9	11	10	2.5
Bloques Ligeros	22	1	22	9	5
Bloques de Concreto	1			7	5
Tejas	1			10	2.5
Maderas (tablas)	3	12	22	15	5
Maderas (planchas)	2			15	5
Mortero (paredes)	4	2	7	5	5
Mortero (techo)	4	1	4	2	5
Cerámica (paredes)	1			2	2.5
Cerámica (pisos)	1			2	2.5
Tubería de cobre	9			7	2.5
Tubería de PVC	1			3	2.5
Conexiones de cobre	7			3	2.5
Placas de vidrio	3			9	5

Fuente: "Waste and the estimator. Chartered Institute of Building" - Jhon Skoyles 1982.

## 2.- Soibelman (2000)

A diferencia del estudio anterior, el cuadro de Soibelman presenta resultados cualitativos. Presenta las causas más comunes de desperdicios de distintos materiales.

**Cuadro 3.-** Cuadro cualitativo de desperdicios – Soibelman.

Concreto Premezclado	Diferencias entre cantidad solicitada y entregada
	Uso de equipos en mal estado
	Errores de cubicaje
	Dimensiones mayores a las proyectadas
Mortero	Uso excesivo del mortero para reparar irregularidades
	Presencia de sobrantes diarios, los cuales deben de ser eliminados



Ladrillos huecos	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de ladrillos
	Modulación nula, lo que trae como consecuencia el corte de unidades
Cemento	Uso excesivo del mortero para reparar irregularidades
	Rotura de bolsas al momento de recibir el material
	Almacenamiento inadecuado del material
Arena	Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión del material
	Manipulación excesiva antes de su uso final.

Fuente: “Material de desperdicio en la industria de la construcción”. Soibelman, Lucio 2000

### .3.- Flavio Picchi (1993)

Flavio Picchi (1993) en su tesis doctoral muestra una estimación de desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo en la fase de construcción. Como se observa en la figura anterior los desperdicios alcanzan el 30% de costo total de la obra.

Incluso Flavio Picchi menciona que si tuviéramos un proyecto de cuatro edificios, podríamos construir el cuarto con los desperdicios de los otros tres. Es por eso la importancia de eliminar dichas pérdidas aplicando conceptos de Lean Construction Una vez mostrado estos estudios de cuantificación de desperdicio en la etapa de construcción, se puede afirmar que los desperdicios son exageradamente grandes. Es por eso que la filosofía Lean se centra principalmente en reducir al máximo estos desperdicios, **“sacar la grasa y dejar solo la carne”**

**Cuadro 4.** Cuadro cuantitativo de desperdicios - Flavio Picchi.

ESTIMACIÓN DE DESPERDICIOS EN OBRAS DE EDIFICACION		
(% del costo total de obra)		
ITEM	DESCRIPCIÓN	%
Desmante	De Mortero	5
	De Ladrillo	
	Limpieza	
	Transporte	
	Eliminación	

Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contra pisos	
Dosificación no optimizada	Concreto	2
	Mortero	
Reparaciones y/o retrabajos no computados en el resto de los materiales	Repintado	2
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6
	Estructuras	
	Instalaciones eléctricas	
	Instalaciones sanitarias	
Problemas de Calidad que generan pérdidas de Productividad	Parada de operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.5
Costos por atrasos	Costos adicionales por atrasos en las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.5
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de la obra	5
TOTAL		30

Fuente: "Estimación de desperdicios en obras de edificación" Picchi 1993

Para desarrollar el alcance que la filosofía podría adquirir en la ejecución de la ampliación del colegio Markham, las variables que se estudiaron fueron:

- 1) Importancia y facilidad de logro de las competencias necesarias para la aplicación de las herramientas de Lean Construction.
- 2) Posibles beneficios de la aplicación de esta filosofía.

#### **Cuadro 5:** Competencias más importantes para la Productividad

Coordinación entre los equipos de trabajo
Materiales de Calidad
Suplir de materiales y herramientas cuando estos sean suplidos
Diseños completos
Compromiso de trabajo constante

**Cuadro 6:** Competencias más fáciles de ser logradas

Documentar los acuerdos y procedimientos
Utilización de piezas estándares
Capacidad de medir el rendimiento y progreso del equipo
Objetivos bien dirigidos del equipo
Diseños factibles de construir

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 HERRAMIENTAS

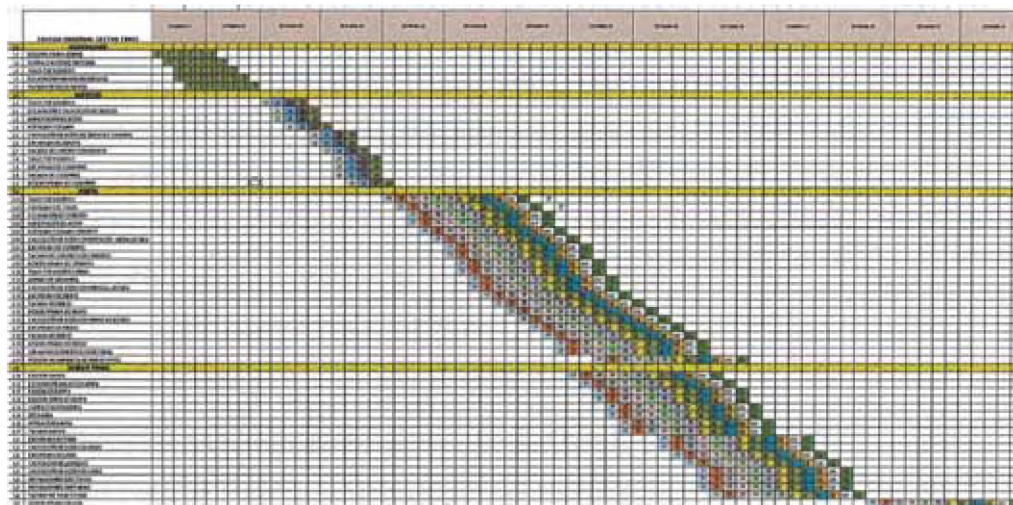
A continuación se presentara las herramientas que se usaron en el proyecto para controlar la producción. En el presente capítulo se presentara la teoría de cada una de las herramientas y en el siguiente capítulo se presentara los resultados de haberse aplicado estas herramientas en la construcción de un túnel artificial ubicado en las instalaciones del Colegio Markham. Las siguientes herramientas son las usadas en el sistema Last Planner:

#### 2.1.1 PROGRAMACION MAESTRA

Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación muy detallada. En algunas empresas aún se usa el diagrama de Gantt que muestra un cronograma muy detallado de las actividades que se van a realizar día a día desde el día que se empieza las obras provisionales hasta la entrega final del proyecto. Pero debido a la gran variabilidad que hay en obra, muchas veces este diagrama al final de la obra termina siendo un papel colgado en la oficina que nadie toma en cuenta para programar.

Es por eso que la programación maestra no debe ser muy detallada, sino más bien marcar fechas tentativas como comienzo de excavación, fin del casco, etc.

**Figura N° 01:** Programación Maestra



Fuente: Propia.

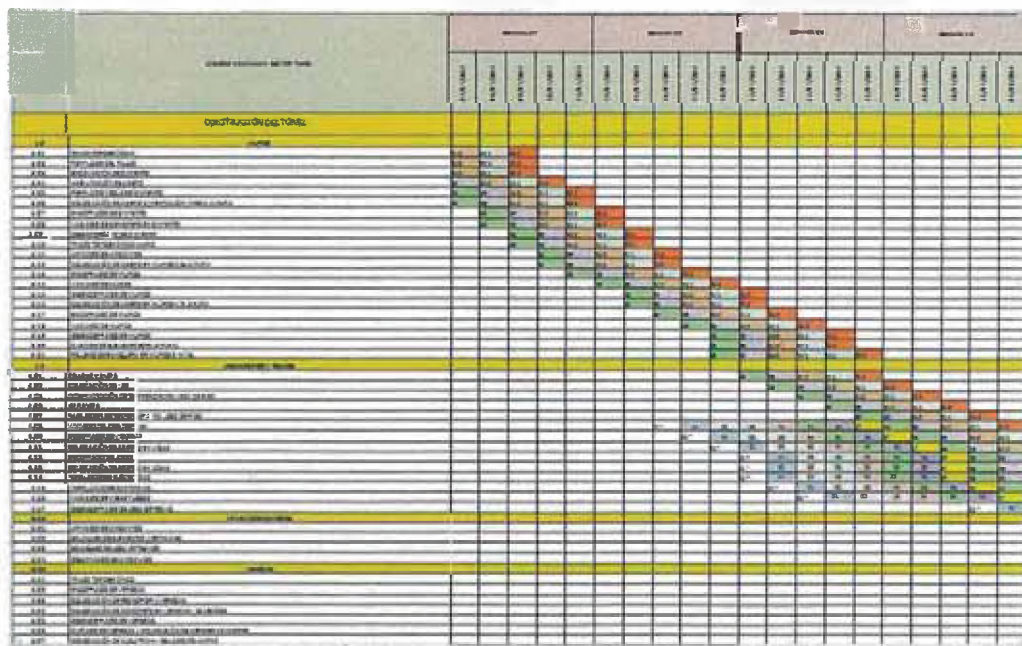


El Dr. Glenn Ballard (co-fundador y director de la investigación del Lean Construction Institute) en la conferencia de IGLC número 19 llevada a cabo en Lima-Perú, mencionó lo siguiente: **“Todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará”**

### 2.1.2 LOOK AHEAD

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo el cual suele estar entre 3 a 6 semanas, esto dependerá de la empresa constructora y el tiempo de reacción para el levantamiento de sus restricciones, la ubicación del proyecto y su operación logística. Se parte de la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el look ahead es mucho más detallado.

Figura N° 02: Look a head



Fuente: Propia.

### 2.1.3 PROGRAMACION SEMANAL

Es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades que se van a realizar en la semana. Se supone que todas las actividades mostradas no deben tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes cuatro semanas (lookahead)

#### 2.1.4 PROGRAMACION DIARIA (PLAN DIARIO)

Conocido como el Plan Diario, es un documento que se entrega todos los días al responsable de cada cuadrilla. Dicho documento muestra en forma clara las actividades a realizar durante el día, la idea es formalizar las actividades de campo a ejecutar. En algunas empresas el documento entregado al capataz para realizar las labores diarias tiendan más a confundirlo, por lo tanto se debería tratar de que el documento sea lo más claro posible (con gráficos y colores) para ayudar a reforzar lo dicho por el ingeniero de producción, mas no contradecirlo o confundir más a la persona que recibe el tareo. La idea de presentar un documento claro y sencillo.

Para realizar la programación diaria se debe tener en cuenta la programación semanal. Es aquí donde pueden ser incluidas actividades de “último minuto” como por ejemplo:

- Apoyo a cuadrilla de excavación por retraso imprevisto (mayor profundidad de cimentación que la esperada)
- Reparación de cerco perimétrico que fue destruido por camión de sistema de agua.
- Simulacro de sismo en el que participe el total de trabajadores de la obra.
- Limpieza y mantenimiento de encofrado.

A manera de resumen, hasta ahora se ha mencionado herramientas únicamente de programación de obra. Primero la programación maestra que muestra hitos en la programación; después el Lookahead, que es una programación detallada a mediano plazo y por ultimo programación semanal y diaria que son un fragmento del Lookahead.

Cabe mencionar que todas estas estas herramientas de programación nos muestran actividades a ejecutarse, las cuales deberán ser controlados por el ingeniero de campo verificando que se cumpla el rendimiento considerado inicialmente y que el trabajo cumpla con los estándares de calidad solicitados por el cliente.

## 2.2 ANALISIS DE RESTRICCIONES

Teniendo como base el lookahead, se hace un análisis de todas las partidas que se deberían realizar en las siguientes cuatro semanas según la programación. Hay que pensar en todo lo que se necesita para que la actividad se pueda realizar sin ninguna restricción. En el formato de análisis de restricciones se escribe también la fecha límite en la cual se tiene que levantar la restricción y el responsable o área responsable de levantarla. El plazo no es necesariamente cuatro semanas, la idea es tener un tiempo de anticipación al cronograma para levantar las restricciones. El levantamiento de las restricciones es vital para poder mantener un flujo constante de producción.

## 2.3 PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)

Es el número total de tareas programadas completadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas se toman del lookahead.

El PPC es un análisis de confiabilidad, no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación y cuáles son las actividades a las cuales se les tiene que prestar mayor atención.

## 2.4 INFORME SEMANAL DE PRODUCCION (I.S.P.)

Junto con las actividades diarias a realizar se entrega al capataz una relación con todos los integrantes de su cuadrilla, este documento contiene las partidas que se vienen ejecutando y las cuales serán medidas, en este formato llamado tareo, se colocan las HH aportadas por cada trabajador a una actividad específica. Cabe mencionar también, que para tener un mayor control de la cuadrilla se entrega el tareo llenado con valores teóricos de avance de actividad, vale decir metrados. Esta información complementa la del plan diario, ya que, con el metrado programado, el metrado avanzado en campo y las HH se puede obtener el rendimiento de ese día.

## 2.5 CURVAS DE PRODUCTIVIDAD

La curva de productividad es una gráfica que permite observar de manera más clara los resultados que arroja el I.S.P. Se realiza una curva de productividad por partida.

Por ejemplo, La curva de productividad de encofrado de losa, o curva de productividad de vaciado de muros. En el eje de las abscisas se coloca los días y en el eje de las ordenadas se coloca los rendimientos obtenidos en cada día.

Observaciones:

- La curva de productividad también puede usarse mostrando la velocidad (en vez del rendimiento) que van teniendo la cuadrilla día a día.
- Cuando la actividad en estudio tiene muchos días en la cual está siendo realizada, se recomienda pasar la unidad de tiempo en las abscisas de día a semanas, así el grafico se hace más fácil de mostrar, leer e interpretar.
- El control diario se puede realizar las primeras semanas de obra para verificar el rendimiento real de las cuadrillas y poder tomar las medidas correctivas a tiempo.

Por el contrario, si se presenta que la producción está empeorando se tiene que empezar a realizar un seguimiento riguroso de dicha actividad, regresar al control diario.

## 2.6 PRESUPUESTO DE OBRA

Para poder completar el I.S.P. se debe usar algunos datos obtenidos del presupuesto de obra, haciendo de este una especie de herramienta indirecta. El presupuesto de obra se usa para completar en el I.S.P. las columnas que indican el metrado y las horas hombre requeridas para cada actividad.

## 2.7 SECTORIZACION

Es una división de la zona de trabajo en partes iguales. Aplicando el concepto de “divide y vencerás”, se divide el plano en partes iguales donde cada una de las partes se le denomina sector o frente y será el avance diario para cada una de las actividades.

## 2.8 NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

El nivel general de actividad mide el porcentaje de los tres tipos de trabajo en el total de la obra. Para realizar un nivel general de actividad se debe recorrer el total de la obra en forma aleatoria; Cada vez que se observe a un obrero, se deberá apuntar si está realizando un TP, TC o TNC y apuntar que actividad específica es la que se encuentra realizando.



La muestra se debe obtener de todas las actividades que se encuentran en marcha en la obra y de todos los obreros. Los resultados de las mediciones del nivel general de actividad muestran el nivel que se maneja en la obra y sirven para comparar con los estándares nacionales e internacionales. También sirve para detectar cuáles son las principales pérdidas, cuantificarlas y después eliminarlas.

## 2.9 CARTA BALANCE

La carta Balance es una herramienta que a partir de datos estadísticos, describe de forma detallada el proceso de una actividad para así buscar su optimización. En una carta balance se selecciona un grupo de obreros, se toma un intervalo de tiempo (cada uno o dos minutos) y para cada intervalo se verifica el Tipo de Trabajo que está realizando cada obrero en su partida. Estas actividades son divididas en los tres Tipos de Trabajo TP, TC y TNC.

**Cuadro 7:** Carta Balance aplicado a Encofrado de muros.

ENCOFRADO DE MUROS				
TIEMPO (minutos)	OBRERO 01	OBRERO 02	OBRERO 03	OBRERO 04
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

TRABAJO PRODUCTIVO – TP	
CPM	Colocación de paneles metálicos
CAM	Colocación de accesorios
ALIM	Colocación de Alineadores
PUNT	Apuntalamiento de muro

TRABAJO CONTRIBUTIVO – TC	
ACC	Retiro de accesorios en Muros
I	Coordinación de trabajo
RA	Retiro de Alineadores
DES	Desapuntalamiento
QPM	Retiro de Panel metálico
X	Búsqueda de accesorios

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO - TNC	
VAJ	Viaje Improductivo
E	Esperas
R	Trabajo rehecho
N	Tiempo Ocioso

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS
OBRERO 01	
OBRERO 02	
OBRERO 03	
OBRERO 04	

Fuente: Propia.

## **CAPÍTULO III.- CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO DE ESTUDIO**

### **3.1 DATOS DEL PROYECTO**

A continuación se mencionan los datos Principales del Proyecto:

- Nombre del proyecto: AMPLIACIÓN DEL COLEGIO MARKHAM
- Empresa que ejecuta el proyecto: CONSTRUCTORA AESA S.A.
- Ubicación: Miraflores

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Constructora AESA basaba su filosofía en tres aspectos importantes: Calidad, Seguridad y Mejora continua. Por ello que se elabora un control de calidad y eficiencia de los procesos con la finalidad de identificar los problemas en cada frente de trabajo.

Los errores observados son luego transmitidos mediante reuniones semanales a cada equipo productivo para buscar alternativas de solución y lograr de esta manera una mejora continua.

En su mayoría los problemas son identificados en campo y estas desviaciones son informadas de manera inmediata a los responsables de cada actividad para poder levantarlas a la brevedad y de esta manera evitar pérdidas.

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Actualmente el alcance del proyecto corresponde a la construcción de un túnel artificial con muros y losas de concreto armado, los cuales cuentan con juntas de dilatación sísmica. El proyecto corresponde a 1942.53m<sup>2</sup> de área techada, el área de pavimento rígido es un poco mayor. Para lo cual se tendrá que ver la ejecución del proyecto desde la excavación hasta el término de las actividades del túnel.

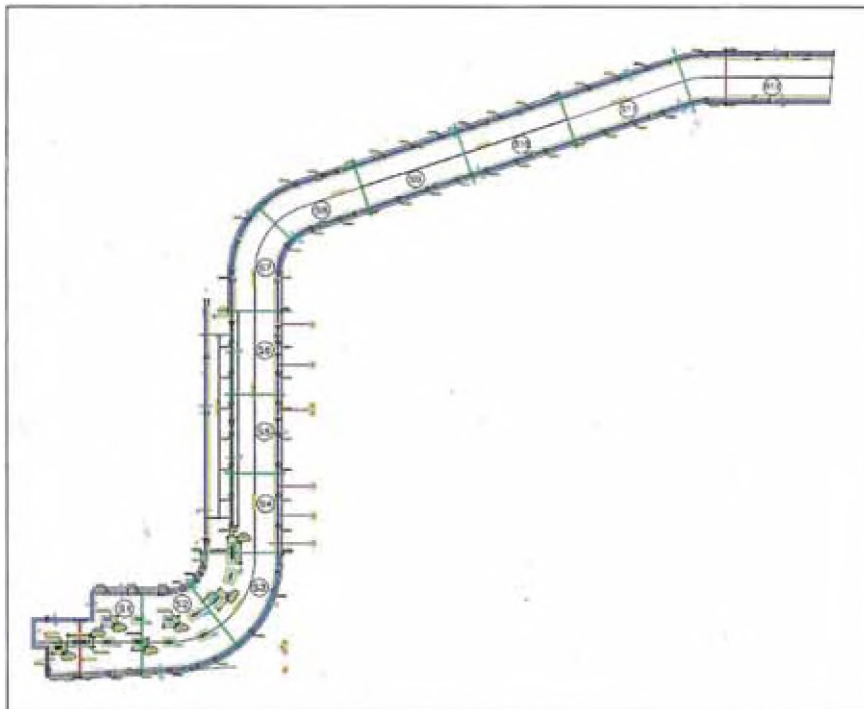
Este túnel ha sido sectorizado en 12 zonas, las cuales cuentan con volúmenes similares de trabajo para las diversas cuadrillas, para ello se hace un dimensionamiento de cuadrillas con su balanceo respectivo.

### 3.4 PRODUCCIÓN DE LA OBRA

La unidad de producción en la obra es el frente diario, el cual está compuesto por el avance de 01 sector diario correspondiente a la actividad planificada de forma inicial. Esta unidad de producción se aplica a la mayoría de procesos constructivos. Los frentes de trabajo se construyen de forma similar a una línea de producción, logrando que cada cuadrilla realice la misma tarea cada día, de forma repetitiva, para ello se deberán realizar mediciones para verificar los rendimientos y poder realizar un correcto balanceo de cuadrillas.

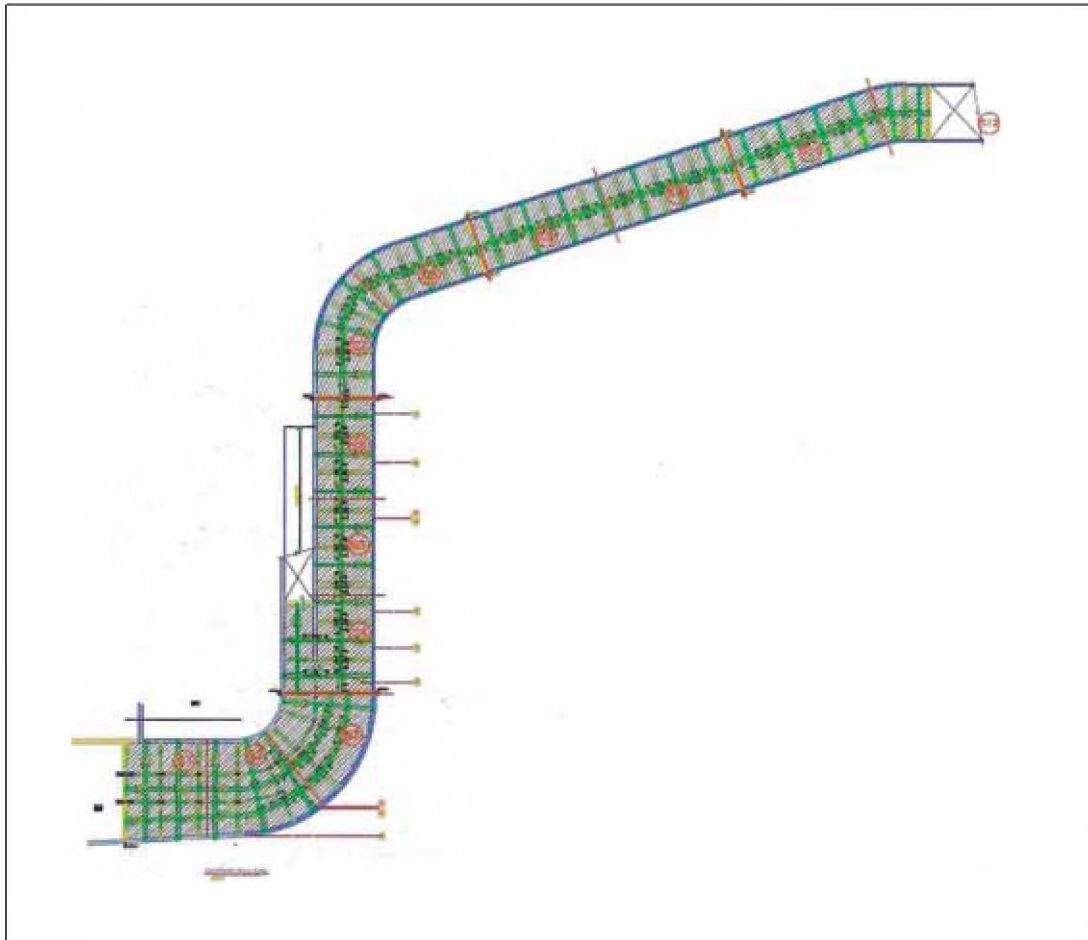
Al respecto, dado el volumen de elementos producidos hasta la fecha en el proyecto, se ha conseguido que las cuadrillas se especialicen en las labores realizadas y de esta manera evitar defectos en los trabajos. Con respecto al Movimiento de Tierras esta partida fue subcontratada a la Empresa especialista **RGB**, ya que **Constructora AESA** no cuenta con el nivel de operatividad necesario para poder realizar estos tipos de trabajos especializados, para el trabajo de los subcontratistas es muy importante la aplicación del **JUST IN TIME** y e **ANALISIS DE RESTRICCIONES**.

**Figura N° 03.-** Sectorización de volúmenes de Trabajo - Muros



Fuente: Propia.

**Figura N° 04.-** Sectorización de volúmenes de Trabajo - Losas de Techo.



Fuente: Propia.

### 3.5 ASPECTO TECNOLÓGICO.

Entre las principales tecnologías empleadas en la obra se encuentran las siguientes:

- Elementos verticales: Encofrado metálico tipo ALUMA – HARSCO
- Elementos Horizontales: Sistema de apuntalamiento BRIO y ALUPROP; dependiendo de la altura, se tiene doble altura.
- Concreto premezclado: UNICON.
- Sistema de Bombeo con Bomba de Pluma articulada y Bomba estacionaria.
- Sistema de Transporte: Minicargador CAT 242D, con horquilla, lampón y brazo para excavación.



- Excavadora petrolera: Hyundai modelo Roblex 300 LC-95. Motor: Cummins B5.9-C Hyundai modelo Roblex 300 LC-95. Potencia: DIN 6271 neta de 107 kW a 2.100 rpm. Capacidad de cucharón de cargador: entre 0,51 hasta 1,34 m<sup>3</sup>. Ancho cucharón excavadora: 0.92 m

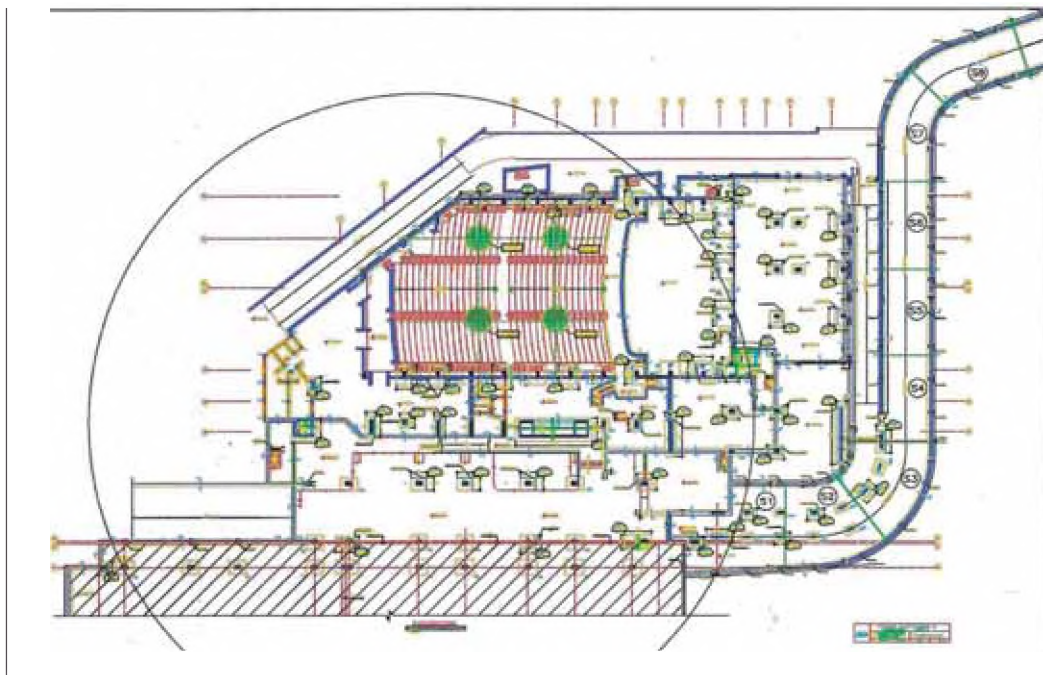
**Figura N° 05:** Excavaciones para el Túnel Colegio Markham.



Fuente: Propia.

- Sistema de transporte vertical y horizontal mediante torre grúa de 50ml de brazo con una capacidad de carga en punta de 1 130 kg.  
Altura: 30.00 ml.  
Longitud de pluma: 50.00 ml.  
Carga máxima en punta: 1.13 ton.  
Carga máxima en el eje: 4.00 ton.

**Figura N° 06.-** Ubicación de la torre grúa con un brazo de radio de 50ml.



*Fuente: Propia.*

Si bien es cierto que se cuenta con una grúa torre para el traslado de materiales, tal como se muestra en la imagen el alcance máximo de esta torre grúa a sus 50 ml tiene un alcance máximo hasta el inicio del túnel el cual obligará a que se tenga que realizar mucho traslado o acarreo manual de materiales, el cual se buscará eliminar o reducir en el mejor de los casos, ya que por ser una obra ubicada dentro de las instalaciones de un colegio el cerco perimétrico de la obra se encuentra a paralelo al túnel retirado solamente 5.00 ml.

Se menciona a la partida de acero debido a que ellos cuentan con un taller de habilitación de acero.

### 3.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PROYECTO

La estructura organizacional de la obra está compuesta de la siguiente manera:

- 01 Gerente de Proyecto
- 01 Jefe de Oficina Técnica
- 02 Ingenieros de Oficina Técnica
- 01 Jefe de Producción
- 01 Ingeniero de Producción.
- 01 Ingeniero de Calidad
- 01 Técnico Asistente de Calidad.
- 01 Responsable del área logística.
- 01 Administrador
- 01 Prevencionista de seguridad.
- 01 Responsable de acabados.
- 01 Capataz de Encofrado
- 01 Capataz de Acero
- 01 Capataz de concreto y albañilería.
- 01 Equipo de Topografía

## CAPÍTULO IV.- RUTA DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN.

### 4.1 PARTE DIARIO

A continuación se presenta el parte diario que se entrega a las “cabezas” de la obra. El cuadro presentado, puede llevar a confundir al jefe de cuadrilla. Por lo que este es entregado junto a un gráfico. Este debe ser lo más sencillo posible, ya que la única función del parte diario es confirmar lo conversado con el ingeniero de producción un día anterior

En el caso de la obra se entrega el plan diario al siguiente personal:

- Topógrafo
- Capataz de la cuadrilla de concreto y albañilería
- Capataz de la cuadrilla de carpintería
- Capataz de la cuadrilla de Acero
- Prevencionista de riesgos
- Ingenieros

Además de las cabezas de campo, se les entrega al Prevencionista y a los ingenieros para que todos estén al tanto de las actividades diarias. Además, el parte diario se entrega un día antes alrededor de las 5:00pm

**Cuadro 8:** Plan Diario.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES										
ITEM	ACTIVIDAD	FRENTE	PERSONAL	METRADO	UNIDAD	INICIO	FINAL	PPC		CAUSA DE INCUMPLIMIENTO
								SI	NO	
1	<b>CONCRETO Y ALBAÑILERÍA</b>									
1.01	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE TERRENO (CAPA DE 0.20 ML)	TUNEL	5	140.20	M2	7:30	17:00			
1.02	PERFILADO PARA MUROS	TUNEL		30.00	M2	7:30	14:00			
1.03	VACIADO DE CONCRETO CIMENTACIONES	TUNEL	5	16.00	M3	14:00	14:30			
1.04	VACIADO DE CONCRETO MURDOS	TUNEL		8.00	M3	14:30	16:30			
1.05	EXCAVACIÓN PARA CIMENTACIONES	TUNEL	5	8.50	M3	7:30	17:00			
1.06	PERFILADO PARA MURDOS PANTALLA	TUNEL	2	20.00	M2	7:50	17:00			
1.07	PICADO DE CONCRETO PARA EMPALME DE LOSAS	SECTOR 05	1	1.00	GLB	7:30	17:00			
1.08	VIGIA PARA MANCARGADOR	TUNEL	1	1.00	GLB	7:30	17:00			
2	<b>CARPINTERÍA</b>									
2.01	ENCOFRADO DE FONDOS DE VIGA (VR-8; VR-9; VR-10)	TUNEL	3	24.06	M2	7:30	17:00			
2.02	ENCOFRADO DE LATERALES DE VIGA (VR-5A; VR-6A; VR-7A)	TUNEL	3	25.60	M2	7:30	17:00			
2.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUIROS CONTRA TERRENO	TUNEL		40.50	M2	7:30	17:00			
2.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS A 2 CARAS	TUNEL	10	60.00	M2	7:30	17:00			
2.05	ENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS - COLOCACIÓN DE PRELOSAS	TUNEL	3	20.00	M2	7:30	17:00			
2.06	RECEPCIÓN Y ORDEN DE ENCOFRADO DE TECHO	TUNEL	2			7:30	17:00			
3	<b>ACERO</b>									
3.01	COLOCACIÓN DE ACERO EN MUIROS (K-5) - COLOCACIÓN COLUMNA C-7	TUNEL	2	420.00	KG	7:30	17:00			
3.02	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS (VR-5A; VR-6A; VR-7A; VR-8; VR-9; VR-10)	TUNEL	6	1314.50	KG	7:30	17:00			

Fuente: Propia.



## 4.2 PRESUPUESTO DE OBRA

Debido a la extensión del presupuesto (presupuesto basado en un análisis de precios unitarios), se mostrará solo una parte del presupuesto y en el CD adjunto se completara todo el presupuesto.

Cada partida cuenta con una unidad de medida (m<sup>3</sup>, kg, etc.), un metrado que se ha medido en los planos aprobados y con un precio unitario actualizado, que es desglosado en mano de obra, materiales y equipos o herramientas. En el CD adjunto se presenta el análisis de precios unitarios, en el cuadro anterior se muestra únicamente el resultado final.

La columna del precio de parcial corresponde a la multiplicación del metrado total con el precio unitario de cada partida correspondiente. La columna de Cantidad Parcial de HH se calcula multiplicando el rendimiento o el Ratio de Producción de la mano de obra con el metrado total de cada partida; el dato de los ratios de producción son obtenidos de los Análisis de Precios unitarios con los que se elaboró el presupuesto.

En este presupuesto se tuvieron muchas deficiencias en las partidas de Encofrado de Columnas, Encofrado de Muros de Concreto y Encofrado de Losas Macizas ya que como se mencionó anteriormente estos elementos correspondían a elementos de doble altura mayores a  $H > 4.00\text{m}$ ; considerándose en el presupuesto que todos los elementos tienen una altura  $H < 4.00\text{m}$ . Para lo cual se debió considerar otro tipo de rendimientos y hasta otro tipo de encofrado ya que en el alquiler de este los puntales, soportería y los paneles en el presupuesto son considerados para muros y losas de techo de menor altura; este tipo de fallas corresponden a que no se cumplió con un correcto análisis de la Ingeniería del Proyecto por parte del área competente encargada de realizar el presupuesto o no se contaba con la información completa al momento de presentar el presupuesto para entrar en el concurso de licitación.

A continuación se muestra el presupuesto de obra elaborado para las actividades correspondientes a la construcción del túnel, el cual une la salida de los estacionamientos el cual tiene 3 sótanos con la avenida Ricardo Palma.

**Cuadro 9:** Presupuesto ADICIONAL N°19: Ampliación de Colegio Markham.

**FORMATO N° 08 B**  
**PRESUPUESTO ESTRUCTURAS**

<b>Proyecto</b>	<b>SECTOR 05</b>
<b>Cliente</b>	<b>MARKHAM COLLEGE</b>
<b>Dpto:</b>	<b>LIMA</b>
<b>Fecha</b>	<b>ABRIL 2014</b>

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRADO	PRECIO	PRECIO PARCIAL	RATIOS PROB.	CANTIDAD PARCIAL DE HH	
				UNIARIO				
				PU(TOTAL)				
<b>1.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>							
	Cerco provisional de obra	M	355.79	<b>120.25</b>	42 783.75	SC	SC	
<b>2.00</b>	<b>TRANSPORTE VERTICAL</b>							
	Alquiler excavadora sobre llantas Samsung 210	día	103.00	<b>177.97</b>	18 330.51	SC	SC	
<b>3.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
	Excavación hasta el 31.01.2014	m3	3 999.46	<b>33.42</b>	133 672.74	SC	SC	
	Excavación por ejecutar desde el 01.04.2014	m3	4 878.00	<b>22.84</b>	111 413.52	SC		
	Excavación de zanjas y zapatas	m3	316.17	<b>25.74</b>	8 138.29	1.80	569.11	
	Relleno y compactación con material propio	m3	3 032.63	<b>26.50</b>	80 364.82	2.00	6 065.27	
	Eliminación de material excedente con equipo	m3	328.82	<b>30.10</b>	9 898.82	SC	SC	
	Nivelación interior y apisonado	m2	38.98	<b>2.64</b>	102.91	1.60	62.37	
	Perfilado y nivelación de zapatas excavadas	m2	273.30	<b>7.29</b>	1 992.32	0.27	73.79	
<b>4.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>							
<b>4.01</b>	<b>CIMIENTOS</b>							
	Concreto zapatas f'c=210 kg/cm2	m3	23.39	<b>281.51</b>	6 583.89	0.80	18.71	
	Acero fy=4200 kg/cm2 Grado 60	kg	498.29	<b>3.05</b>	1 519.79	0.04	19.93	
	Encofrado y desencofrado - zapatas	m2	55.08	<b>38.70</b>	2 131.60	1.45	79.87	
	Concreto cimientto corrido f'c=210 kg/cm2	m3	149.07	<b>281.51</b>	41 964.28	0.80	119.26	
	Solado e=0.05 m.	m2	269.07	<b>12.77</b>	3 435.99	0.16	43.05	
<b>4.02</b>	<b>MUROS DE CONCRETO</b>							
	Concreto muros f'c=210 kg/cm2 - Piedra 67, 4"-6"	m3	512.12	<b>297.54</b>	152 379.57	1.87	957.67	
	Encofrado y desencofrado normal de muros h<4.00	m2	3 390.97	<b>27.64</b>	93 726.48	1.10	3 845.36	
	Acero fy=4200 kg/cm2 Grado 60	kg	35 171.52	<b>3.05</b>	107 273.14	0.04	1 406.86	
<b>4.03</b>	<b>COLUMNAS</b>							
	Concreto en columnas f'c=210 kg/cm2 - Piedra 67, 4"-6"	m3	19.04	<b>281.51</b>	5 358.49	0.80	15.23	
	Encofrado y desencofrado - columnas h<4.00	m2	167.67	<b>27.64</b>	4 634.40	1.10	184.44	
	Acero fy=4200 kg/cm2 Grado 60	kg	3 276.19	<b>3.05</b>	9 992.39	0.04	131.05	
<b>4.04</b>	<b>VIGAS</b>							
	Concreto en vigas f'c=210 kg/cm2 -Piedra 67, 4"-6"	m3	106.39	<b>301.89</b>	32 116.80	1.89	201.07	
	Encofrado y desencofrado de vigas h< 4.00 m	m2	503.20	<b>60.58</b>	30 483.91	2.00	1 006.40	
	Acero fy=4200 kg/cm2 Grado 60	kg	14 879.00	<b>3.05</b>	45 380.94	0.04	595.16	

<b>4.05</b>	<b>LOSAS MACIZAS</b>						
	Concreto losa maciza f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> -Piedra 67, 4"-6"	m3	290.76	<b>298.23</b>	86 714.81	1.89	549.54
	Encofrado y desencofrado - losas macizas h<4.00	m2	1 341.38	<b>39.80</b>	53 387.02	1.42	1 904.76
	Acero fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	kg	26 737.80	<b>3.05</b>	81 550.29	0.04	1 069.51
<b>4.06</b>	<b>LOSA DE PISO</b>						
	Concreto f'c=245 kg/cm <sup>2</sup> - losa de piso	m3	388.70	<b>332.19</b>	129 124.36	0.95	369.27
	Acabado semipulido en losas de estacionamientos	m2	1 943.52	<b>4.00</b>	7 774.08	1.50	2 915.28
	Encofrado y desencofrado - losa sobre terreno	m2	94.12	<b>38.70</b>	3 642.44	1.45	136.47
	Afirmado al 95% Proctor Modificado.	m2	1 943.52	<b>35.00</b>	68 023.20	2.00	3 887.04
	Bruñas en rampa	M	2 785.80	<b>6.48</b>	18 051.98		
<b>4.07</b>	<b>OTROS</b>						
	Curado de concreto	m2	7 401.83	<b>1.04</b>	7 697.90	0.16	1 184.29
	Juntas de contracción sellado con material elastomérico	M	381.75	<b>4.56</b>	1 740.78	0.03	11.45
	Juntas de expansión con poliestireno expandido y sellado con material elastomérico	M	92.21	<b>8.03</b>	740.45	0.03	2.77
	Pasadores de acero liso de 3/4" en juntas de dilatación	kg	166.08	<b>4.11</b>	682.59	0.06	9.96
	Junta sísmica de 2"	m2	40.70	<b>7.24</b>	294.68	0.09	3.66
	Impermeabilización de losa	m2	1 690.00	<b>89.00</b>	150 410.00	SC	SC
<b>5.00</b>	<b>PARTIDAS COMPLEMENTARIAS</b>						
	Pañeteo de talud	m2	4 236.03	<b>5.10</b>	21 603.75	0.27	1 143.73
	Veredas (inc acabado de cemento pulido)	m2	379.57	<b>80.94</b>	30 722.40	1.50	569.36
	Perforación para anclaje de acero de vereda	und	4 757.00	<b>10.77</b>	51 232.89	0.10	475.70
	Acero fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	kg	1 009.06	<b>3.05</b>	3 077.65	0.04	40.36
<b>6.00</b>	<b>ALBAÑILERIA</b>						
	Muro de Ladrillo Caravista Soga P15 DE e=0.15m	m2	95.12	<b>34.51</b>	3 282.59	1.33	126.51
	Concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> - para columnetas	m3	2.44	<b>281.51</b>	686.17	0.80	1.95
	Encofrado y desencofrado - Columnetas	m2	19.50	<b>33.41</b>	651.50	1.10	21.45
	Acero fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	kg	746.93	<b>3.05</b>	2 278.14	0.04	29.88
	Concreto vigas f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> -Piedra 67, 4"-6"	m3	4.51	<b>301.89</b>	1 361.77	0.04	0.18
	Encofrado y desencofrado de vigas h< 4.00 m	m2	32.22	<b>60.58</b>	1 951.89	2.00	64.44
	Concreto 1:8 + 25% PM 3" máx. - Sobrecimiento	m3	3.01	<b>255.62</b>	768.71	0.80	2.41
	Encofrado y desencofrado para sobrecimiento	m2	42.96	<b>32.55</b>	1 398.35	1.45	62.29
	Concreto cimientos corridos 1:10 + 30% PG	m3	19.33	<b>233.24</b>	4 509.01	0.80	15.47
	Solado concreto C:H 1:10	m2	32.22	<b>12.77</b>	411.45	0.16	5.16
	Tarrajeo columnetas	m2	15.21	<b>27.38</b>	416.45	1.20	18.25
	Tarrajeo viguetas	m2	80.55	<b>26.07</b>	2 099.94	1.20	96.66
<b>7.00</b>	<b>DEMOLICIÓN</b>						
	Demolición de muro de tabiquería existente	m2	92.06	<b>12.42</b>	1 143.12	7.00	644.43
	Demolición de concreto de columnetas, viguetas, sobrecimiento y cimiento corrido	m3	28.35	<b>375.93</b>	10 658.15	10.00	283.52
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>1 691 767.82</b>	<b>TOTAL</b>	<b>30 687.68</b>
						<b>HH</b>	

Fuente: Obra Markham – Constructora AESA.

Como se puede observar en el cuadro del presupuesto se la ha añadido 02 columnas, la primera corresponde al Ratio de Producción o al rendimiento correspondiente a 1 Hora Hombre (HH) para elaborar un volumen de trabajo según el presupuesto. Este Ratio, rendimiento o el throughput corresponde a la suma de las cantidades de la Mano de Obra de cada partida elaborada en el Análisis de Precios Unitarios.

**Cuadro 10:** APU “Concreto en Muros y Encofrado de Muros” del ADICIONAL N°19.

Partida	01.13.03.01	Concreto muros $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Piedra 67,4" 6"		Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>			286.10
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO		hh	20000	0.5333	16.89	9.01
0147010004	PEON		hh	50000	1.3333	13.28	17.71
	<b>26.72</b>						
	<b>Materiales</b>						
0221010061	CONCRETO PREMEZCLADO T.1 $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ H67 SLUMP 4"-6"		m <sup>3</sup>		1.0500	212.00	222.60
0221060004	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO		m <sup>3</sup>		1.0500	33.00	34.65
	<b>257.25</b>						
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	26.72	0.80
0349070006	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"		hm	1.0000	0.2667	5.00	1.33
	<b>2.13</b>						
	<b>Subtotal</b>						
	<b>546.90</b>						
Partida	01.13.03.02	Encofrado y desencofrado normal de muros h<4.00		Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>			27.64
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO. 14.5000	EQ. 14.5000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.5517	16.89	9.32
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.5517	14.62	8.07
	<b>17.39</b>						
	<b>Materiales</b>						
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8		kg		0.3200	3.25	1.04
0202010023	CLAVOS PARA MADERA		kg		0.0750	3.25	0.24
0243040000	MADERA TORNILLO		p2		0.3200	4.30	1.38
	<b>2.66</b>						
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	17.39	0.52
0348990099	ENCOFRADO METALICO COLUMNAS H<4.00M		m <sup>2</sup>		1.0000	7.07	7.07
	<b>7.59</b>						
	<b>Subtotal</b>						
	<b>27.64</b>						

Fuente: Obra Markham – Constructora AESA.

En los cuadros adjuntos se puede verificar que los análisis de los precios unitarios fueron tomados para elementos de alturas menores a H<4.00m. tanto para el encofrado de Columnas, Muros y Losas de techo.



Por ejemplo para calcular el Ratio de Producción de la Partida, Concreto muros  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  – Piedra 67, 4” – 6”, la suma de las cantidades de la mano de obra correspondería a Ratio de concreto en muro= $0.5333 + 1.3333$ ; dandonos un resultado de 1.86 HH/m3.

Este ejercicio se realizará con todas la partidas que se deseen controlar o todas las partidas realmente medibles para poder llevar un correcto Control de las diversas actividades.

**Cuadro 11:** APU “Acero” del ADICIONAL N°19.

Partida Rendimiento	01.13.03.04 kg/DIA	Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ Grado 60 MO. 392.0000	EQ. 392.0000	Costo unitario directo por : kg				3.05
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.0204	16.89	0.34
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.0204	14.62	0.30
<b>0.64</b>								
<b>Materiales</b>								
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16			kg		0.0200	3.25	0.07
0203020008	ACERO CORRUGADO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60			kg		1.0500	2.11	2.22
<b>2.29</b>								
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.64	0.02
0348000004	ANDAMIO METALICO			mm	0.5000	0.0102	2.88	0.03
0348960005	CIZALLA			hm	1.0000	0.0204	3.50	0.07
<b>0.12</b>								
Partida Rendimiento	01.13.04.01 m3/DIA	Concreto en columnas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Piedra 67, 4”-5” MO. 46.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : m3				270.68
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO			hh	2.0000	0.4000	16.89	6.76
0147010004	PEON			hh	2.0000	0.4000	13.28	5.31
<b>12.07</b>								
<b>Materiales</b>								
0221010061	CONCRETO PREMEZCLADO T.H $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ H67 SLUMP 4”-5”			m3		1.0500	212.00	222.60
0221060004	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO			m3		1.0500	33.00	34.65
<b>257.25</b>								
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	12.07	0.36
0349070006	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4” - 2’			hm	1.0000	0.2000	5.00	1.00
<b>1.36</b>								
Partida Rendimiento	01.13.04.02 m2/DIA	Encofrado y desencofrado - columnas h<4.00 MO. 14.5000	EQ. 14.5000	Costo unitario directo por : m2				27.64
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$L	Parcial \$L
<b>Mano de Obra</b>								
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.5517	16.89	9.32
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.5517	14.62	8.07
<b>17.39</b>								
<b>Materiales</b>								
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8			kg		0.3200	3.25	1.04
0202010023	CLAVOS PARA MADERA			kg		0.0750	3.25	0.24
0243040000	MADERA TORNILLO			p2		0.3200	4.30	1.38
<b>2.66</b>								
<b>Equipos</b>								
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	17.39	0.52
0348990099	ENCOFRADO METALICO COLUMNAS H<4.00M			m2		1.0000	7.07	7.07
<b>7.59</b>								

Fuente: Obra Markham – Constructora AESA.

En función a estos rendimientos será que se realice el dimensionamiento de las diversas cuadrillas, para poder obtener una cantidad de personal ideal y poder realizar la programación de actividades de manera correcta, conociendo cual es la cantidad de manejo de personal. Para un ejercicio práctico tomaremos los siguientes ejemplos:

Encofrado y desencofrado de muros  $H < 4.00\text{m}$

$$\text{Ratio de Producción} = \sum \text{Cantidad (operario, oficial, ayudante, capataz)}$$

$$\text{Ratio de Producción} = 0.5517 + 0.5517$$

$$\text{Ratio de Producción} = 1.1034 \text{ HH/m}^2$$

Ahora considerando que se tiene un metrado de  $3390.97\text{m}^2$  de muros por encofrar este metrado multiplicado por el rendimiento de actividad sacado de los análisis de precios unitarios se puede calcular la cantidad máxima de Horas Hombre (HH) que se pueden usar para realizar esta actividad.

$$\text{HH máx.} = \text{Metrado Presupuestado} * \text{Ratio de Producción}$$

$$\text{HH máx.} = 3390.97\text{m}^2 * 1.1034\text{HH/m}^2$$

$$\text{HH máx.} = 3845.36 \text{ HH}$$

El rendimiento calculado del presupuesto considera como mano de obra solamente el trabajo productivo de 01 operario y 01 oficial, la cual es considerada una pareja de trabajo para mayor control.

Ahora considerando la sectorización mostrada anteriormente, se procederá a realizar el dimensionamiento de cada cuadrilla. Habiendo 12 sectores, se deberá tener un avance similar por cada sector.

$$\text{Sectorización} = 12 \text{ sectores de volúmenes de trabajo similares}$$

Para los 12 sectores se tiene una cantidad de HH máx. la cual es la calculada en los pasos anteriores, ahora para calcular el volumen de trabajo de cada sector se procede con una simple división.

$$\text{Volumen de Trabajo por Sector} = 3390.97\text{m}^2/12$$

$$\text{Volumen de Trabajo por Sector} = 282.58\text{m}^2$$

Ahora teniendo en cuenta una consideración que no fue tomada en cuenta en el presupuesto; los muros correspondientes al túnel tienen alturas mayores a los 4m de altura es por ello que estos muros se tendrán que realizar en 02 tiempos, ya que este encofrado tampoco se realizará a 02 caras, sino contra terreno. El Volumen de trabajo se tendrá que repartir en 02 tiempos, ya que se trata de la construcción de muros con doble altura, es por ello que se procede a la siguiente operación.

$$\text{Volumen de Trabajo final} = \text{Volumen de trabajo por sector}/02$$

$$\text{Volumen de Trabajo final} = 282.58\text{m}^2/2$$

$$\text{Volumen de Trabajo final} = 141.29 \text{ (2 caras)}$$

$$\text{Volumen de Trabajo final} = 70.65 \text{ (contra terreno)}$$

Haciendo el comparativo con respecto al Ratio de Producción de encofrado de muros contra terreno =  $2.76\text{HH}/\text{m}^2$ , se tiene la siguiente información para cada volumen de trabajo.

$$\text{HH máx.} = 70.65\text{m}^2 * 2.76 \text{ HH}/\text{m}^2$$

$$\text{HH máx.} = 194.994\text{HH}$$

Haciendo la siguiente comparación para el metrado total el cual sería la mitad del presupuestal se obtiene lo siguiente.

$$\text{HH máx.} = 1695.485\text{m}^2 * 2.76 \text{ HH}/\text{m}^2$$

$$\text{HH máx.} = 4679.54 \text{ HH}$$

Entonces se llega a la siguiente conclusión con respecto al encofrado para muros el cual no fue considerado de manera correcta.

$$\text{HH máx. Presupuestales} = 3845.36 \text{ HH}$$

$$\text{HH máx. Reales} = 4679.54 \text{ HH}$$

$$\Delta\text{HH} = \text{HH máx. Presupuestales} - \text{HH máx. Reales}$$

$$\Delta\text{HH} = 3845.36 \text{ HH} - 4679.54 \text{ HH}$$

$$\Delta\text{HH} = -834.18 \text{ HH}$$

Es bueno tener estas consideraciones antes de iniciar esta etapa del proyecto para conocer en que etapas se tendrá que colocar especial cuidado y así evitar tener pérdidas monetarias, es por ello que es necesario llevar un correcto control de esta partida mal elaborada.

Entonces para el control de esta partida se deberá tener como tope de HH para esta partida de 3845.36 HH considerando una pareja de encofradores conformada por 01 operario y 01 oficial, la cual trabajará durante un jornal de 8.5HH, considerando un metrado diario de 70.65m<sup>2</sup>.

$$HH = 70.65m^2 * 1.1034HH/m^2$$

$$HH = 78 HH$$

$$\text{Cantidad de encofradores} = 78/17 = 4.5 \text{ parejas}$$

Las 4.5 parejas serán conformadas, 09 carpinteros los cuales se distribuirán en por 05 operarios y 04 oficiales para poder tener un avance diario real de 70.65 m<sup>2</sup> el cual deberá incluir el desencofrado. Para cuestiones de control se considerará la información presupuestal.

Adicional a esta partida se tiene que en la partida de encofrado de cimentaciones sólo se ha considerado el metrado del encofrado de las zapatas de las columnas, más no se ha considerado el metrado del cimient corrido para todos los muros de concreto. Desde un inicio se considera a esta partida como una pérdida; es por ello que se debe tener mayor control y efectuar una mejora continua sobre estas actividades para evitar pérdidas de dinero en esta partida del proyecto.

### 4.3 DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS

Una vez que se tienen los metrados de las diversas partidas, estos metrados son obtenidos del presupuesto de obra: "Adicional N°19: Presupuesto Túnel"; se procederá a realizar el dimensionamiento de las cuadrillas y de esta manera conocer cuál será nuestra rotación de personal obrero, durante la ejecución del proyecto. Lo ideal es que obra cuente con sus propios metrados, fuera de los entregados por el área de Presupuestos.



A continuación se mostrarán algunos cuadros correspondientes, el dimensionamiento de las diferentes cuadrillas estará en función a los Ratios de Producción o Índices de Productividad y el metrado según la sectorización aplicada.

#### 4.3.1 Dimensionamiento de cuadrilla para Cimentaciones de Muros

Para el dimensionamiento el análisis de recursos que se requerían para el desarrollo de las actividades que básicamente se consideran las actividades de excavación y vaciado de concreto; ya que no se tenía incluido en el presupuesto el encofrado para la cimentación de los muros o la colocación de la baliza para poder mantener el acero alineado con respecto al trazo topográfico. Con respecto al cuadro que se menciona, el volumen a eliminar a diario permanece sin personal ya que los mismos tendrán que realizar la eliminación de este.

**Cuadro 12:** Dimensionamiento de Cuadrillas “Cimentación de Muros”.

CIMENTACIONES									
SECTORES	METRADO TOTAL	UND	AVANCE DIARIO PROYECTADO (ml)	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN (ML)	ANCHO DE OMENTACIÓN (ML)	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN DIARIO (M3)	MATERIAL A ELIMINAR DIARIO (M3)	VOLUMEN DE CONCRETO DIARIO (M3)	VOLUMEN TOTAL
12	175	ml	14.58	1.00	0.60	8.75	11.38	6.13	63.00
12	175	ml	14.58	1.00	0.60	8.75	11.38	6.13	63.00
13	62.368	ml	5.20	1.00	0.60	3.12	4.05	2.18	22.45
	494.8416					20.62	26.80	14.43	148.45
					<b>RATIO</b>	1.80		0.80	
					<b>HH - HORAS HOMBRE</b>	74.23		23.09	
					<b>HH - POR JORNADA</b>	8.50		8.50	
					<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>	9.00		3.00	

Fuente: Propia.

#### 4.3.2 Dimensionamiento de cuadrilla para Muros de Concreto Armado

A continuación se muestra cual es la longitud total de los muros a construir L=175ml (aproximadamente), con un avance de muros a 15ml diarios con una altura de vaciado de 2.70ml, es por ello que la partida de muros según el programa maestro se considera que estos se construirán a doble altura, para poder llegar a la altura requerida. Con los datos diarios de avance como: Metrado diario, Índice de Productividad (ratio); se pueden calcular la cantidad de HH necesarias para cumplir dicha actividad en un día es el resultado del siguiente ejercicio:

$$\text{Metrado Total Diario} * \text{Índice de Productividad} = \text{HH Totales diarias HH}$$

$$\text{HH Totales Diarias} / 8.5 \text{ HH} = \text{Cantidad de Personas necesarias}$$

**Cuadro 13:** Dimensionamiento de Cuadrillas “Muros de Concreto Armado”.

MUROS									
SECTORES	METRADO TOTAL	UND	AVANCE DIARIO PROYECTADO (ml)	ALTURA APROXIMADA DE VACIADO (ML)	ANCHO DE MURO (ML)	ENCOFRADO DIARIO PROY. (M2)	VOLUMEN DE CONCRETO DIARIO (M3)	ACERO	VOLUMEN TOTAL
12	175	ml	14.58	2.70	0.30	78.75	11.81		106.31
12	175	ml	14.58	2.70	0.30	78.75	11.81	2930.96	106.31
12	62.368	ml	5.20	2.70	0.30	28.07	1.09		9.82
<b>METRADO TOTAL</b>						185.57	24.72	2930.96	222.45
<b>RATIO</b>						1.10	1.87	0.04	
<b>HH - HORAS HOMBRE</b>						204.75	46.22	117.24	
<b>HH - POR JORNADA</b>						8.50	8.50	8.50	
<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>						25.00	6.00	14.00	

Fuente: Propia

A continuación se muestran algunos cuadros de la cantidad de recursos que se necesitarán para la ejecución de las actividades correspondientes a la construcción de las cimentaciones, columnas y muros de concreto del Túnel del Colegio Markham.

**Cuadro 14:** Dimensionamiento de Cuadrillas “Zapatas de Concreto Armado”.

ZAPATAS									
METRADO TOTAL	CANTIDAD	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN	AREA	ALTURA DE ZAPATAS	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN TOTAL (M3)	MATERIAL A ELIMINAR TOTAL (M3)	VOLUMEN DE CONCRETO DIARIO (M3)	ENCOFRADO	ACERO
Z-11A	8	1.15	2.28	0.6	20.98	27.27	10.94		231.56
Z-11B	1	1.15	2.85	0.6	3.28	4.26	1.71	5508	36.44
Z-11C	2	1.15	5.25	0.6	12.08	15.70	6.30		138.92
Z-11D	2	1.15	3.52	0.6	8.10	10.52	4.22		91.69
<b>TOTAL</b>					44.42	57.75	23.18	55.08	498.61
<b>RATIO</b>					2.80		0.80	1.45	0.04
<b>HH - HORAS HOMBRE</b>					124.39		18.54	79.87	19.94
<b>HH - POR JORNADA</b>					8.5		8.5	8.5	8.5
<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>					15		2	9	2

Fuente: Propia

**Cuadro 15:** Dimensionamiento de Cuadrillas “Columnas de Concreto Armado”.

COLUMNAS							
METRADO TOTAL	CANTIDAD	LARGO	ANCHO	ALTURA DE COLUMNAS	ENCOFRADO	CONCRETO	ACERO
C-23	2	1	0.25	5	25	2.5	355.74
C-24	8	1	0.3	5	104	12	1460.23
C-25	6	1	0.3	5	78	9	1095.17
C-26	2	1	0.3	5	26	3	365.06
<b>TOTAL</b>					233	26.5	3276.2
<b>RATIO</b>					1.1	0.8	0.04
<b>HH - HORAS HOMBRE</b>					256.3	21.2	131.048
<b>HH - POR JORNADA</b>					8.5	9.5	8.5
<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>					30	2	15
<b>CANTIDAD DE DÍAS</b>					6	6	6
<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>					5	1	3

Fuente: Propia

**Cuadro 1.16:** Resumen de Dimensionamiento de cuadrillas.

CUADRO RESUMEN						
DESCRIPCION	CONCRETO TOTAL	ENCOFRADO TOTAL	ACERO TOTAL	CONCRETO DIARIO	ENCOFRADO DIARIO	ACERO DIARIO
VIGAS	97.86	454.48	13 757.98	8.16	37.87	1146.50
LOSAS MACIZAS	326.66	1 306.65	26 614.97	27.22	108.89	2217.91
COMENTACIONES	148.45		498.29	12.37		41.52
ZAPATAS	23.18	55.08	498.61	1.93	4.59	41.55
MUROS	512.12	3 390.97	35 171.52	42.68	141.29	2930.96
COLUMNAS	19.04	167.67	3 276.19	1.59	13.97	273.02
<b>TOTALES</b>	<b>1 127.32</b>	<b>5 374.87</b>	<b>79 817.57</b>	<b>93.94</b>	<b>306.61</b>	<b>6651.46</b>
			<b>RATIOS</b>	1.2	1.2	0.04
			<b>HH - HORAS HOMBRE</b>	112.73	367.94	266.06
			<b>HH - POR JORNADA</b>	8.50	8.50	8.50
			<b>CANTIDAD DE OBREROS</b>	13.00	43.00	31.00

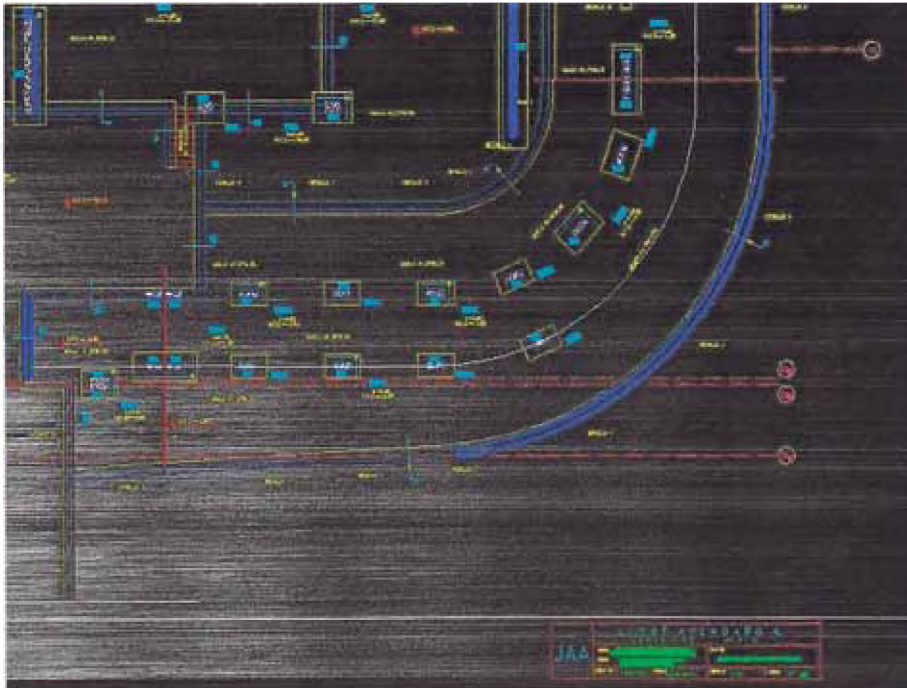
Fuente: Propia

#### 4.4 PROGRAMACIÓN ANTICIPADA DE RECURSOS

Para poder eliminar nuestras restricciones siempre es necesario anticiparnos y conocer claramente cuáles son las actividades que se realizarán en las semanas próximas.

A continuación se muestra una extracción de la programación maestra utilizada para la ejecución del Túnel del Colegio Markham, en el cuadro se muestra el arranque de las zapatas y columnas del Túnel.

**Grafico 07.-**Extracto, Plano de Cimentaciones del Proyecto Markham 1708-E-16-07-14.



Fuente: Plano diseñado por JAA.



Para poder llevar un control logístico, anular nuestras restricciones de manera anticipada y de esta manera evitar que el flujo de producción se detenga es necesario que se conozcan claramente cuáles serán las actividades que se desarrollaran en las próximas semanas, en nuestro caso tomaremos las 02 primeras semanas y en un cuadro deberemos colocar cuáles serán los requerimientos necesarios, como se puede notar en el cuadro las zapatas y las columnas se han dividido en 05 sectores, correspondiente a un total de 15 columnas cada una con su zapata correspondiente, en alguno de los casos hay columnas que comparten la misma zapata, previo a todas esas actividades se requiere tener las falsas zapatas, a continuación se muestra el tren de trabajo.

**Cuadro 17:** Programación de Zapatas y Columnas

	COLEGIO MARKH SECTOR TUNEL	SEMANA 01					SEMANA 02					
<b>1.0</b>	<b>EXCAVACIÓN</b>											
1.01	RELLENO MASIVO (550M3)	X	X	X								
1.02	COMPACTACIÓN DE MATERIAL	X	X	X	X							
1.03	TRAZO TOPOGRAFICO		X	X	X							
1.04	EXCAVACIÓN Y PERFILADO PARA FALSAS ZAPATAS				X	X						
1.05	VACIADO DE FALSA ZAPATA					X	X					
<b>2.0</b>	<b>ZAPATAS Y CIMENTACIONES</b>											
2.01	TRAZO TOPOGRÁFICO	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5						
2.02	EXCAVACIÓN Y COLOCACIÓN DE NIVELES		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5					
2.03	HABILITACIÓN DE ACERO		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5					
2.04	PERFILADO Y SOLADO			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5				
2.05	COLOCACIÓN DE ACERO DE ZAPATA Y COLUMNA				S-1	S-2	S-3	S-4	S-5			
2.06	ENCOFRADO DE ZAPATA				S-1	S-2	S-3	S-4	S-5			
2.07	VACIADO DE CONCRETO EN ZAPATA					S-1	S-2	S-3	S-4	S-5		
2.08	TRAZO TOPOGRAFICO						S-1	S-2	S-3	S-4		
2.09	ENCOFRADO DE COLUMNAS						S-1	S-2	S-3	S-4		
2.10	VACIADO DE COLUMNAS						S-1	S-2	S-3	S-4		
2.11	DEENCOFRADO DE COLUMNAS							S-1	S-2	S-3		

Fuente: Propia

**Cuadro 1.18:** Extracto, Programación Maestra para el Túnel del Colegio Markham.

COLEGIO MARKHAM- SECTOR TUNEL		SEMANA 02				SEMANA 03				SEMANA 04						
<b>3.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>															
3.01	TRAZO TOPOGRAFICO	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12								
3.02	EXCAVACIÓN Y BANQUETEO		S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12							
3.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL / RELLENO DE MUROS 2 NIVEL			S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12						
				S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12						
<b>4.0</b>	<b>MUROS</b>															
3.01	TRAZO TOPOGRÁFICO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12			
3.02	PERFILADO DEL TALUD		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S12			
3.03	EXCAVACIÓN DE CIMIENTO			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
3.04	HABILITACIÓN DE ACERO			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	
3.05	PERFILADO Y SOLADO CIMIENTO				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
3.06	COLOCACIÓN DE ACERO CIMENTACIÓN - MEDIA ALTURA					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
3.07	ENCOFRADO DE CIMIENTO						S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
3.08	VACIADO DE CONCRETO EN CIMIENTO						S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
3.09	DESENCOFRADO DE CIMIENTO							S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
3.10	TRAZO TOPOGRÁFICO MURO							S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
3.11	ARMADO DE ANDAMIOS.								S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
3.12	COLOCACIÓN DE ACERO EN MUROS 2da ALTURA								S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
3.13	ENCOFRADO DE MUROS									S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
3.14	VACIADO DE MUROS										S1	S2	S3	S4	S5	S6
3.15	DESENCOFRADO DE MUROS											S1	S2	S3	S4	S5
3.16	COLOCACIÓN DE ACERO EN MUROS 1/2 ALTURA												S1	S2	S3	S4
3.17	ENCOFRADO DE MUROS													S1	S2	S3
3.18	VACIADO DE MUROS														S1	S2
3.19	DESENCOFRADO DE MUROS															S1
3.20	CURADO DE ELEMENTO ESTRUCTURAL															S1
3.21	RELLENO DE BANQUETA DE MUROS 2 NIVEL															

Fuente: Propia

En el cuadro que se muestra a continuación se muestra un cuadro ejemplo acerca del control Semanal que se tiene que hacer y tener claro cuáles serán las posibles restricciones para el inicio o la continuidad del tren de Trabajo dividido en 12 sectores con volúmenes de trabajo similares.

La información mostrada en el cuadro sirve para completar el cuadro del análisis de restricciones para que de esta manera se pueda asegurar el flujo de la Productividad, este cuadro es un anuncio de las necesidades de la obra por lo que se deberían resolver con anticipación.

**Cuadro 19:** Programación de recursos anticipados, identificación de restricciones.

CUADRO DE REQUERIMIENTOS - 02 SEMANAS ANTICIPADAS.				
DESCRIPCIÓN	SEMANAS 01	SEMANA 02	SEMANA 03	SEMANA 04
			SEMANA 01 PROGRAMACIÓN MAESTRA	SEMANA 02 PROGRAMACIÓN MAESTRA
<b>ZAPATAS Y COLUMNAS</b>				
Excavación	Herramientas en buen estado. Mini-cargador en obra.		Inicio de actividades	
Acero	Requerimiento de Acero. Requerimiento de Alambre N°16. Cizalla eléctrica en perfecto estado.		Habilitación y Colocación de Acero - Zapatas y Columnas.	Inicio de Actividades Columnas
Concreto	Requerimiento de Abastecimiento de Concreto. Equipos para vibración y curado en buen estado. Coordinación con UNICON método de vaciado.		Vaciado de Cimentaciones	Vaciado de Columnas
Encofrado		Encofrado para Columnas. Andamios o plataformas de Trabajo. Planos Instalaciones definidos.		Inicio de Actividades de Encofrado Columnas
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
Excavación y Eliminación de Material.	Aprobación por parte del colegio sobre la continuidad de la Excavación de los 07 sectores pendientes.	Cierro de acuerdos con la empresa Sub-Contratista encargada del Movimiento de Tierras.	Ingreso de equipos de Excavación y Eliminación de Material - Sub contratista RGB.	
<b>MUROS DE CONCRETO</b>				
Acero		Generación y aprobación de Orden de Compra.	Indicar las fechas de despacho de acero, tanto de Muros.	Indicar las fechas de despacho de acero para vigas y Losas. Planos definitivos de II.EE y II.SS.
Encofrado		Cotizaciones y aprobación de Proveedores de Encofrado. Generación de Orden de Compra	Despacho de Encofrados para muros. Compra de planchas de Triplay. Compra de Consumibles para encofrado.	Despacho de Encofrados para Losa de Techo y Vigas. Compra de planchas de Triplay para encofrado de techo. Compra de Consumibles para encofrado.
Concreto		Generación y aprobación de Orden de Compra por el concreto a requerir.	Solicitud de Rodillo Compactador. Solicitud de Plancha Compactadora. Definir si el relleno será con material propio o Afirmado.	Solicitud de equipo de corte para las juntas de Construcción. Solicitud de planchas de poliestireno para las juntas de dilatación de la Losa de Piso.

Fuente: Propia



## **CAPÍTULO V.- PROYECTO OBJETO DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION. TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PROPUESTAS.**

### **5.1 INFORME SEMANAL DE PRODUCTIVIDAD**

El proyecto "Ampliación del Colegio Markham", se aplicaron las herramientas basadas en la filosofía Lean anteriormente mencionadas; la aplicación corresponde a la Ejecución del Túnel de salida de los Estacionamientos de esta ampliación los cuales corresponden a 04 sótanos y el cual tiene salida a la avenida Ricardo Palma cuadra 13 ubicada en el distrito de Miraflores, el proyecto se encuentra dentro del colegio Markham.

La herramienta principal con la que se realizó el control de las partidas más incidentes fue la herramienta del Informe Semanal de Producción más conocida como ISP, la herramienta enfoca su control en el consumo de Horas Hombre midiendo Índices de Productividad.

Esta herramienta contará con 03 Secciones:

1. Sección de control de avance de metrados; el cual semanalmente se va acumulando según sea el avance real en campo. Donde se tiene las columnas de Acumulado Anterior, Actual (correspondiente a la semana) y Acumulado total.
2. Sección de Recursos Programados; el cual corresponde a la multiplicación de los metrados ejecutados por el Índice de Productividad (IP) para cada actividad, este IP se obtiene del Análisis de Precios Unitarios; tal como se demostró en el capítulo anterior. Este cuadro también presenta un cuadro de Recursos Proyectados HH acumulados en función al avance del proyecto.
3. Sección de Recursos Reales (HH Reales); correspondiente a las Horas Hombre (HH) utilizadas según el reporte de los tareas de cada cuadrilla. Estas HH usadas divididas entre el metrado de la semana o actual, nos dará como resultado el Índice de Productividad de la Semana.

**Cuadro 20:** Control de avance de metrados. Herramienta de control ISP.

ISP - SEMANA 34					
Gerente de Obra : Enrique Custodio					
Fecha: 13/08/14 AL 23/08/14					
FASEADO		PROGRAMADO			UNIDAD
CÓDIGO	NIVEL INFERIOR	Asum. Anterior	Actual	Asum. Actual	
FASEADO		PROGRAMADO			UNIDAD
CÓDIGO	NIVEL DEL CRUCE	Asum. Anterior	Actual	Asum. Actual	
<b>TUNEL</b>					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
MOVIMIENTO DE TIERRAS PUNTUAL					
ACCS/13-08-06-02-02	Excavación para cimentaciones y zapatas	191.29	0.00	191.29	m3
ACCS/13-08-06-02-04	Relevo, Nivelación y Compactación con material propio (banquetas)	378.56	37.50	416.46	m3
<b>ESTRUCTURAS</b>					
ACCS/13-08-06-01-04	Acero 1"y 4200 kg/cm <sup>2</sup> - Túnel	50103.59	27067.84	77171.43	kg
<b>CIMENTOS</b>					
ACCS/13-08-06-01-02-01	Concreto de zapatas	191.29	0.00	191.29	m3
ACCS/13-08-06-01-03-01	Encofrado de zapata	55.08	0.00	55.08	m2
ACCS/13-08-06-01-01-01	Concreto para soledos	250.02	0.00	250.02	m2

Fuente: Propia.

Tal como se puede notar en el siguiente cuadro no se está colocando metrado para el encofrado de zapatas ya que esta no fue considerada en el presupuesto para esta etapa del proyecto tal como se mencionó anteriormente.

**Cuadro 21:** Recursos Programados HH. Herramienta de control ISP.

ISP - SEMANA 34					
Gerente de Obra : Enrique Custodio					
Fecha: 13/08/14 AL 23/08/14					
FASEADO		PROGRAMADO			PRODUCTIVIDAD
CÓDIGO	NIVEL INFERIOR	HORAS DISPONIBLES		Totales	
FASEADO		PROGRAMADO			PRODUCTIVIDAD
CÓDIGO	NIVEL INFERIOR	Asum. Anterior	Actual	Asum. Actual	
<b>TUNEL</b>					
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
MOVIMIENTO DE TIERRAS PUNTUAL					
ACCS/13-08-06-02-02	Excavación para cimentaciones y zapatas	294.75	0.00	294.75	1.88
ACCS/13-08-06-02-04	Relevo, Nivelación y Compactación con material propio (banquetas)	686.41	75.00	761.41	2.00
<b>ESTRUCTURAS</b>					
ACCS/13-08-06-01-04	Acero 1"y 4200 kg/cm <sup>2</sup> - Túnel	1459.20	1104.37	2563.57	0.04
<b>CIMENTOS</b>					
ACCS/13-08-06-01-02-01	Concreto de zapatas	125.30	0.00	125.30	0.80
ACCS/13-08-06-01-03-01	Encofrado de zapata	80.12	0.00	80.12	1.45
ACCS/13-08-06-01-01-01	Concreto para soledos	35.53	0.00	35.53	0.15

Fuente: Propia.

En el cuadro anterior se muestra que se tiene una columna al lado derecho de Productividad y otras columnas en las cuales se van colocando automáticamente las HH por partida por el producto del índice de productividad por el metrado ejecutado de cada una de las partidas a controlar.



**Cuadro 22:** Recursos Reales HH-Reales. Herramienta de control ISP.

CÓDIGO		DESCRIPCIÓN	HORAS			PRODUCTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD	EFICIENCIA
CÓDIGO		DESCRIPCIÓN	Antes	Actual	Actual	Presupuestada	Realizada	Realizada
		<b>TUNEL</b>						
		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
		<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS (MONTAÑA)</b>						
AC03/13-08-05-01-00-00		Extracción para cimentaciones y zapatas	2058.00		2058.00	0	10.75	-1753
AC03/13-08-05-01-03-04		Reteno, Nivelación y Compactación con rollos (Barrigales)	625.00	53.50	678.50	143	158	103
		<b>ESTRUCTURAS</b>						
AC03/13-08-05-01-01-04		Forma y Codo (Tubo) - Túnel	3440.00	273.50	3713.50	0.01	0.05	-3150
		<b>CEMENTOS</b>						
AC03/13-08-05-01-01-01		Concreto de zapatas	304.50	0.00	304.50	0	1.53	-179
AC03/13-08-05-01-03-01		Entalado de zapata	447.50	0.00	447.50	0	8.12	-367
AC03/13-08-05-01-01-05		Concreto para soportes	56.00	0.00	56.00	0	0.22	-20

Fuente: Propia

En este último cuadro se muestra la Productividad alcanzada midiendo la eficiencia según la cantidad de recursos utilizados y el metrado ejecutado, esta eficiencia será medida semanalmente y será comparada con la eficiencia requerida según el Cuadro de Recursos Programados. Si es que la Productividad Real tuviera una eficiencia menor a la Productividad Presupuesta, o sea mayor uso de recursos se deberá realizar un seguimiento puntualizado para esa partida.

A continuación se muestra el cuadro completo del ISP donde se muestran los 03 cuadros anteriores este cuadro corresponde al Informe Semanal de Producción, está información obtenida en el ISP y muy valiosa para generar retroalimentación a las áreas de presupuestos, Oficina Técnica, Producción.

**Cuadro 23:** Informe Semanal de Producción ISP.

ISP - SEMANA 34													
Informe Semanal de Producción (ISP)													
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS			MONTAJE			PRODUCTIVIDAD			EFICIENCIA		
		Antes	Actual	Actual	Antes	Actual	Actual	Presupuestada	Realizada	Realizada			
<b>TUNEL</b>													
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>													
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS (MONTAÑA)</b>													
AC03/13-08-05-01-00-00	Extracción para cimentaciones y zapatas	2058.00		2058.00			0	10.75		-1753			
AC03/13-08-05-01-03-04	Reteno, Nivelación y Compactación con rollos (Barrigales)	625.00	53.50	678.50			143	158		103			
<b>ESTRUCTURAS</b>													
AC03/13-08-05-01-01-04	Forma y Codo (Tubo) - Túnel	3440.00	273.50	3713.50			0.01	0.05		-3150			
<b>CEMENTOS</b>													
AC03/13-08-05-01-01-01	Concreto de zapatas	304.50	0.00	304.50			0	1.53		-179			
AC03/13-08-05-01-03-01	Entalado de zapata	447.50	0.00	447.50			0	8.12		-367			
AC03/13-08-05-01-01-05	Concreto para soportes	56.00	0.00	56.00			0	0.22		-20			

Fuente: Propia

El ISP es una herramienta de control, herramienta Lean Construction, que se ha elaborado para poder llevar un control más detallado de las partidas y del correcto uso de las HH para la ejecución de diversas actividades que se desarrollan durante la ejecución del proyecto; es por ello que es necesario tener de manera fija dos datos que serán usados para el llenado de este Informe Semanal de Producción.

**Cuadro 24:** Ingreso de metrados para el ISP.

FASEADO					
CÓDIGO	NIVEL INFERIOR	METRADO			UND
		Acum. Anterior	Actual	Acum. Actual	
	<b>TUNEL</b>				
	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS PUNTUAL</b>				
ACCS/13-08-06-08-02-02	Excavación para cimentaciones y zapatas	191.29	0.00	191.29	m3
ACCS/13-08-06-08-02-04	Relleno, Nivelación y Compactación con material propio (banquetas)	378.96	37.50	416.46	m3
	<b>ESTRUCTURAS</b>				
ACCS/13-08-06-01-04	Acero f' y 4200 kg/cm2 - Túnel	50,103.59	27,067.84	77,171.43	kg
	<b>CIMENTOS</b>				
ACCS/13-08-06-01-02-01	Concreto de zapatas	191.29	0.00	191.29	m3
ACCS/13-08-06-01-03-01	Encofrado de zapata	55.08	0.00	55.08	m2
ACCS/13-08-06-01-01-01	Concreto para solados	250.02	0.00	250.02	m2
	<b>COLUMNAS</b>				
ACCS/13-08-06-01-02-04	Concreto de columna	19.04	0.00	19.04	m3
ACCS/13-08-06-01-03-04	Encofrado de columna	167.67	0.00	167.67	m2
	<b>MUROS DE CONCRETO</b>				
ACCS/13-08-06-08-02-05	Pañeteo de Talud	4,314.30	0.00	4,314.30	m2
ACCS/13-08-06-08-02-03	Corte y perfilado de muro	4,314.30	0.00	4,314.30	m2
ACCS/13-08-06-01-02-03	Concreto de muro	569.58	45.00	614.58	m3
ACCS/13-08-06-01-03-03	Encofrado de muro	3,850.61	0.00	3,850.61	m2
	<b>LOSAS MACIZAS - TECHO</b>				
ACCS/13-08-06-01-02-05	Concreto Losa maciza, aligerada y vigas	171.05	226.10	397.15	m3
ACCS/13-08-06-01-03-05	Encofrado de viga	201.94	301.26	503.20	m2
ACCS/13-08-06-01-03-06	Encofrado de losa maciza	646.80	694.58	1,341.38	m2

Fuente: Propia.

Los datos requeridos tal como se muestran en los cuadros anteriores, son:

1. Los metrados de cada partida los cuales son obtenidos del Presupuesto de Obra "Presupuesto de obra ADICIONAL N°19: Presupuesto Túnel". Para ir colocándolos de manera semanal. Los metrados Acumulados Actuales de este cuadro no pueden ser mayores a los presupuestados.



2. La cantidad de HH utilizados por partida, las cuales salen de los reportes de los tareas que son realizados de manera diaria y estos tareas son compilados por el área de administración que semanalmente se encarga de enviar el cuadro resumen de todas las HH usadas al área de Producción y poder completar el ISP, para poder llevar un control adecuado, estas partidas serán generadas según las fases que se deseen controlar.

**Cuadro 25:** Reporte de Horas Hombre HH semanales.

SUMA DE HORAS							Total general
SEMANA N° 27 DEL 30/06/2014 AL 06/07/2014	LUNES 30/06/2014	MARTES 01/07/2014	MIÉRCOLES 02/07/2014	JUEVES 03/07/2014	VIERNES 04/07/2014	SÁBADO 05/07/2014	
ACARREO DE ACERO PARA MURO PANTALLA (ARTES)				51			51
ACARREO DE ENCOFRADO Y HERRAMIENTAS (ARTES)				17	36	16.5	69.5
ACARREO HORIZONTAL	33.5	61.5	45.5		20	21	181.5
ACERO PARA MUROS	68.5	54	55.5		56.5	28	262.5
ALQ. MAQU. TRANSPORTE HORIZ., OPER Y VIGIA	8.5	8.5	25.5	20	18		80.5
ALQUILER GRUA TORRE, OPERADORES Y RIGGERS	8	8.5	8.5	17	17	11	70
ARMADO DE ANDAMIO	9.5	17	9.5	34	34	16.5	120.5
ARQUITECTURA	47.5	45.5					93
CERCO PROVISIONAL OBRA Y CASETA GUARDIAN	36						36
COLOCADO DE ACERO PARA MURO PANTALLA (ARTES)				25.5		11.5	37
COMITÉ DE OBRA	19	19	19	19	19	11	106
CONCRETO PARA LOSAS	12.5						12.5
CONCRETO PARA MUROS	6						6
CONCRETO PARA MUROS PANTALLA						11	11
CORTE Y PERFILADO PARA MUROS PANTALLA	58.5	90	54	54	62.5	33	352
DESCANSO MEDICO		8				8	16
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	17	17	17	11			62
ENCOFRADO DE MUROS PANTALLA				42.5	9.5	38.5	90.5
ENCOFRADO PARA LOSAS	26.5	17	35	17		11	106.5
ENCOFRADO PARA MUROS	75	34	42.5				151.5
ENERGIA ELECTRICA PROVISIONAL PARA OB	10.5	8.5	8.5	8.5	8.5	5.5	50
EQ. PROTEC. COLECTIVA (EPC) Y SEÑALIZ. OB.	8.5	8.5	17	8.5	8.5	5.5	56.5
EXCAVACION PARA CIMENTACIONES Y ZAPATAS			17	59.5	81.5	38.5	196.5
EXCAVACION PARA MURO PANTALLA (ARTES)				8.5	36		44.5
IMPERMEABILIZACION DE LOSAS	38	19.5					57.5
LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA			42.5		25.5	5.5	73.5
MOVIMIENTO DE TIERRAS			11				11
OTROS GASTOS DE ADMINISTRACION	27.5	29.5	28.5	28.5	27	19.5	160.5
RELLENO DE BANQUETAS DE MURO PANTALLA		20.5					20.5
RELLENO, NIVELACION Y COMPACTACION	8	14		25.5			47.5
SOLAQUEO			75	76.5	73	44	268.5
TARRAJEO DE MUROS INTERIORES		6	4.5				10.5
TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO INICIAL	27.5	25	25	25.5	25.5	16.5	145
VESTUARIO Y COMEDOR PARA PERSONAL OBRERO		17					17
	546	528.5	541	549	558	352	3074.5

Fuente: Proyecto "Ampliación y Remodelación del Colegio Markham – Constructora AESA"

## 5.2 RETROALIMENTACIÓN Y MEDIDAS DE CORRECTIVAS

Con respecto a las partidas que se encontraron mal presupuestadas, como las partidas de acero, encofrado, encofrado para cimentaciones, etc., nos sirvió para poder diversas decisiones.

**Cuadro 1.26:** Columnas de HH ganadas o perdidas del ISP.

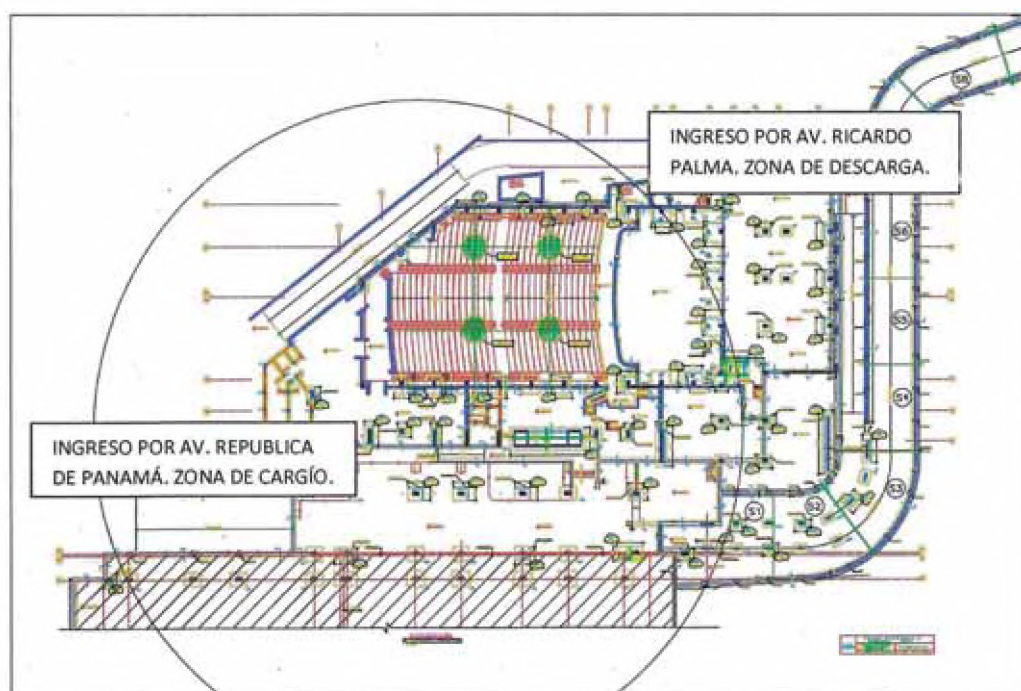
PARTIDAS CON MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD		DIFERENCIA JUSTIFICADA	OBSERVACIONES
CÓDIGO	NIVEL INFERIOR		
FASEADO			
	TUNEL		
	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
ACCS/13-08-06-08-02-02	Excavación para cimentaciones y zapatas	-1763	Es subcontrato pero se utiliza ratio del S10 para su control
ACCS/13-08-06-08-02-04	Relleno, Nivelación y Compactación con material propio (banquetas)	103	
	ESTRUCTURAS		
ACCS/13-08-06-01-04	Acero f'y 4200 kg/cm2 - Túnel	-1150	
	CIMENTOS		
ACCS/13-08-06-01-02-01	Concreto de zapatas	-179	* incluye cimentación de muro
ACCS/13-08-06-01-03-01	Encofrado de zapata	-367	* incluye cimentación de muro
ACCS/13-08-06-01-01-01	Concreto para solados	-20	
	COLUMNAS		
ACCS/13-08-06-01-02-04	Concreto de columna	-79	
ACCS/13-08-06-01-03-04	Encofrado de columna	-1000	
	MUROS DE CONCRETO		
ACCS/13-08-06-08-02-05	Pañeteo de Talud	1047	
ACCS/13-08-06-08-02-03	Corte y perfilado de muro	2555	
ACCS/13-08-06-01-02-03	Concreto de muro	430	
ACCS/13-08-06-01-03-03	Encofrado de muro	578	
	LOSAS MACIZAS - TECHO		
ACCS/13-08-06-01-02-05	Concreto Losa maciza, aligerada y vigas	289	
ACCS/13-08-06-01-03-05	Encofrado de viga	142	
ACCS/13-08-06-01-03-06	Encofrado de losa maciza	0	
	LOSA DE PISO		
	Concreto de losa de piso	0	
	Compactado Afirmado al 95% para losa de piso	2262	Es subcontrato, no se han estado cargando horas
	Encofrado de Losa de Piso	-354	

Fuente: Propia

**Acero:** Para considerar que se trataba de una obra lineal y con muros de doble altura, se tomó como referencia un Análisis de Precios Unitarios de una partida de Habilitación y colocación de acero para muros con alturas menores de 4.00 m. para poder contrarrestar estas deficiencias se optó por lo siguiente:

- Debido a que se estaban consumiendo una gran cantidad de HH para el acarreo horizontal de materiales, cada trabajador debía de invertir parte de su tiempo en este traslado el cual no genera ningún tipo de Trabajo Productivo TP sólo generan Trabajos Contributorios TC; debido a que la grúa no tenía un alcance hasta el túnel se procedió a atacar el problema de otra manera; ingresando por la Av. República de Panamá un camión de carga para poder llevar el material he ingresarlo por la Av. Ricardo Palma, donde sería descargado por los ayudantes de la cuadrilla.

**Figura N° 08.-** Ubicación de ingresos al proyecto para el trasladado de Acero.



*Fuente: Plano diseñado por JAA.*

El ingreso por la Av. República de Panamá es la que se encuentra al lado izquierdo de la imagen, mientras que el ingreso por la Av. Ricardo Palma se encuentra en la esquina superior derecha de la imagen anterior. Con este método podíamos mantener a la cuadrilla enfocada en la colocación de acero y ya no preocupada por el acarreo de su material.



- Con respecto al rendimiento de la cuadrilla de acero y para poder disminuir la cantidad de pérdidas de HH que se venían registrando se tuvo que empezar a optar darle tareas a la cuadrilla de acero de manera que ellos podían cumplir sus horas mínimas de 8.5 horas diarias realizando un mayor metrado en menor tiempo, variando los Índices de Productividad de 0.07 HH/Kg hasta un 0.05 HH/Kg. Eso considera que la medida correctiva de eliminar el traslado manual del acero sustituyéndolo por el traslado con un camión, logró que la cuadrilla se pudiera recuperar, logrando tener una mayor eficiencia enfocándose a sólo realizar trabajos productivos para la colocación de acero.

**Encofrado de Cimentaciones:** La partida fue considerada como pérdida ya que no se tenía un metrado para poder controlarla; pero no había de retirarla del cuadro de control, ya que tenía una fuerte cantidad de HH y metrado en campo. Esta partida cerró con un Índice de Productividad Real aproximado de 8.12 HH/m<sup>2</sup> vs el Índice de Productividad Programado de 1.45 HH/m<sup>2</sup> y con un total de 367HH perdidas.

### 5.3 PROBLEMAS DE MANEJO EN LAS HERREMIENTAS

**Mal direccionamiento de la HH:** Parte de la implementación de estas herramientas es lograr que los capataces de las diversas cuadrillas aprendan direccionar las horas donde cada trabajador se encuentre, Es por ello que es necesario tener armado un plan diario, para poder realizar las diversas actividades programadas en función a su rendimiento y con una cantidad de HH programadas o calculadas. Este problema se puede evidenciar claramente en las partidas correspondientes a Columnas donde en la fase de Vaciado de Concreto tiene una cantidad de 79 horas perdidas ;al igual que para la partida de Encofrado de columnas se refleja una pérdida de 1000 horas.

Hacer un control diario de los tareas de cada cuadrilla, sería lo más recomendable para poder llevar este control de forma más detallada, en este caso se muestra la cantidad de HH ganadas o pérdidas durante la semana, ya que de esta manera la Gerencia de Proyecto decidió medirse.

#### **5.4 PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION.**

Como se fue describiendo en el desarrollo de este proyecto; se fue plasmando y planeando la ejecución del Proyecto y para su desarrollo se hizo uso de diversas herramientas para el control y gestión de Proyectos basado en la Filosofía Lean Construction. Para el presente informe la herramientas implementadas para el control y seguimiento del proyecto se detallarán a continuación explicando cual fue el procedimiento que se siguió.

1. Sectorización del Trabajo. Se Analiza cual es el volumen de trabajo real que se tendrá en campo con la información brindada inicialmente. Este volumen de trabajo será seccionado de manera que se desarrollen los frentes de trabajo en función al plazo contractual que se tenga, previo a esto se deberán definir los hitos de control para poder tener fechas límites para el cumplimiento; ya con los sectores establecidos se procederá a realizar el Planeamiento del Proyecto.
2. Se debe realizar el cálculo de Índices de Productividad de las partidas que serán controladas, se requiere la información de Análisis de Precios unitarios con el que se elaboró el presupuesto y se necesita saber cuáles son las partidas que serán evaluadas.
3. Realizar el cálculo de las HH proyectadas en función a los metrados de Presupuesto y a los Índices de Productividad calculados teóricamente, estos datos nos ayudarán a controlar cuales son nuestros límites para el uso de los recursos según el presupuesto.
4. Generar un Plan Maestro de las actividades que serían necesarias para la ejecución del proyecto considerando la sectorización planeada en los pasos anteriores, el plan maestro no debe ser muy detallado, pero debe mostrar claramente cuáles son las partidas que puedan marcar el ritmo de avance del proyecto. Se realiza la colocación de Hitos, en función a la sectorización planteada.



5. Dimensionamiento de cuadrillas y Calculo del Personal obrero, la función del personal es importante es y es necesario contar con personal especializado para las actividades más incidentes.
6. Realizar un primer Análisis de Restricciones globales, para poder tener un arranque adecuado con los recursos en obra a tiempo y con el personal de producción requerido para que su ingreso sea en el momento adecuado.
7. Tomar la información que se tiene del Plan Maestro y con esta información elaborar el Look ahead con un Horizonte entre 3 a 6 semanas el cual deberá ir en conjunto con su respectivo Análisis de restricciones. Recordar que el desarrollo del Look ahead es más detallado.
8. Elaboración de Programaciones Semanales; las cuales en una reunión anticipada al inicio de esa semana y con las restricciones identificadas con anticipación levantadas, deberán ser dadas a conocer a todo el equipo de trabajo para poder conocer las metas claras. Esta programación va íntimamente ligada con el look ahead.
9. Elaboración de Planes Diarios donde se detallan que actividades se desarrollarán durante la una semana X día a día, en este plan diario se deberán indicar las partidas a ejecutar, los frentes de trabajo (en caso se tengan varios), el metrado respectivo, la cantidad de personas a realizar la actividad, la cantidad de HH a emplear y unas columnas de PPC diario.
10. Generar un control de avance semanal, el cual se obtiene recopilando la información de los metrados ejecutados diariamente en el plan diario y verificando su conformidad en campo. Se deberá considerar el avance a un 100% cuando el producto entregado no tenga ninguna deficiencia la cual nos genere trabajos de reparación posteriores, los cuales se pueden convertir en restricciones.
11. Generar el Informe Semanal de Producción, en el cual se deberá tener organizado todos los datos como Horas Hombre por

actividades, Metrado ejecutado de las diversas actividades de la semana que corresponda y los datos de Horas Hombre y metrados ejecutados hasta la semana anterior; esta información trabajará directamente relacionada con los Índices de Productividad determinados inicialmente.

12. Con la información ingresada al ISP (Herramienta de control para HH) se realiza el cálculo de Índices de Productividad reales, cálculo de Índices de Productividad Acumulados y el cálculo de Horas Hombre ganadas o perdidas, hasta esa fecha.
13. Una vez ingresado y obtenido los datos es necesario realizar un análisis y hacer la identificación de las partidas con mejores rendimientos, con los rendimientos de menor eficiencia, la identificación de los motivos por la baja eficiencia (causas raíces) y las medidas correctivas para mejorar su rendimiento y así aumentar su productividad.
14. Realizar la mejora Continua de todos los procesos y búsqueda de la generación de un flujo constante, mejorando cada uno de los procesos de manera que se eviten retrabajos, con los rendimientos solicitados y en el plazo indicado. Para ello la actividad que nos genere cuello de botella deberá ser optimizada a su máximo nivel y en función a esta se deberán subordinar todas las demás partidas posteriores.

## **CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Con respecto a la aplicación de la metodología LEAN Construction, se debe afrontar desde dos enfoques diferentes pero inseparables; un enfoque cualitativo el cual establece los objetivos y principios metodológicos a partir de las debilidades detectadas en los modelos tradicionales y un enfoque cuantitativo basado en la aplicación de los modelos matemáticos para la Programación de Proyectos y la programación óptima de la producción.

Un uso adecuado de las herramientas de gestión y control, apoyándose en el Análisis de las restricciones, las herramientas de programación, los controles de avance, los registros de calidad, etc; ayudarán a evitar todo tipo de desperdicios ya sea en materiales, mano de obra, re-trabajos, etc. El control para la eliminación o mitigación de los desperdicios es esencial para aumentar las ganancias en un proyecto.

### **6.1 CONCLUSIONES**

1. Las herramientas de Gestión y Control enfocadas en el sistema Lean Construction, aplicadas en el Proyecto Ampliación del Colegio Markham fueron de gran utilidad para la toma de decisiones, medidas correctivas y levantamiento de restricciones; debido a que se le realizó un seguimiento adecuado al proyecto.
2. La herramienta principal en la que se fundamenta el presente informe es la de ISP "Informe Semanal de Producción" la cual recopila información de avances semanales, Horas Hombres empleadas por partidas, de la cual podemos calcular los rendimientos semanales e identificar en que actividades se debe ejercer un mayor seguimiento.
3. Las Herramientas de control aplicadas con el proyecto que estuvieron enfocadas aspectos cualitativos son: El Análisis de restricciones, Los Planes diarios, etc. y las herramientas de control enfocadas de aspectos cuantitativos son: El informe semanal de Producción, Sectorización por volúmenes de trabajo, Medición de Rendimientos, etc. Manejando de

manera óptima estas herramientas se podrá lograr mantener el flujo de la producción constante sin alterar el tren de trabajo.

4. Las decisiones de mejora para un proyecto tendrán como referencia los resultados que se van plasmando en las herramientas de control que se decidan emplear. Las medidas de mejora se deberán reflejar en la programación de las actividades y retroalimentación en el análisis de recursos.
5. El presupuesto de obra es esencial para el manejo de los controles de costos, del presupuesto de obra se tomarán los metrados totales de cada partida, como se mostró en los cuadros del informe, para realizar su respectivo control empezando por el dimensionamiento de las cuadrillas para las diversas actividades, realizar una sectorización adecuada y conocer los volúmenes de trabajo necesarios para un plazo de ejecución, realizar la programación de actividades, etc.
6. Los A.P.U son parte importante de la etapa de planeamiento y trabaja directamente con el presupuesto, los datos que nosotros sacaremos de los A.P.U están enfocados a obtener los rendimientos o Índices de Productividad por partida, con esta información se puede proceder a dimensionar las cuadrillas en función a los volúmenes de trabajo establecidos.
7. Si bien se realizó el dimensionamiento de todas las partidas a controlar, este dimensionamiento considera sólo trabajos productivos y contributorios además que las labores se ejecutarán teniendo las condiciones óptimas necesarias; pero para la partida de Habilidad y Colocación de acero en ningún momento se consideró la cantidad de traslado y acarreo de material debido a la lejanía e inaccesibilidad del punto de descarga de acero despachado al taller de habilitado y luego del taller al punto de colocación, lo cual tuvo como consecuencia que la partida de acero fuera la restricción de avance del proyecto, además de la cantidad de HH perdidas por acarreo. Como medida correctiva se tuvo que contratar camiones de traslado y equipos de descarga.

8. La Herramienta del ISP ayuda a cuantificar la cantidad de recursos en Horas Hombre que se vienen empleando semanalmente para cada una de las partidas controladas, lo cual nos permite tomar decisiones, conocer las brechas por partidas de control y generar retroalimentaciones con las diversas áreas del Proyecto. Una de las principales medidas de mejora es generar el análisis de los precios unitarios A.P.U, enfocados en la producción y basados en la cuantificación y determinación de los rendimientos o los índices de productividad adquiridos.
9. Como Beneficios que aporta la implementación del sistema Lean Construction en los proyectos podemos mencionar los siguientes puntos según lo evidenciado en el Proyecto Ampliación del Colegio Markham.
  - Mayor Calidad en la Construcción
  - Mayor satisfacción del Cliente
  - Mayor Productividad
  - Mejora en la Seguridad y la Prevención de Riesgos.
  - Reducción de Plazos de Entrega
  - Mayores Beneficios y reducción de Costos.
  - Mayor Grado de Colaboración.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1. Para poder programar de manera adecuada y poder basarse en el sistema Last Planner es necesario que se generen reuniones semanales con el equipo de trabajo; en estas reuniones se deben definir las metas y las medidas correctivas a tomar ante cualquier eventualidad, la coordinación de los trabajos es clave para el éxito del proyecto.
2. El equipo de trabajo deberá estar organizado y todos deben de cumplir funciones específicas, es por ello la importancia de trabajar en constante coordinación entre las diferentes áreas involucradas.

3. Es necesario tener claro desde la etapa de planeamiento cuáles serán las partidas a controlar directamente y cuales se sub-contratarán. Se deberán generar comparativos para la elección de la sub-contratista e identificar cual se acomoda mejor a nuestro ritmo de trabajo, considerando temas vitales: Prevención de Riesgos, Calidad y Producción.
4. Es necesario un correcto balanceo de Recursos, para buscar distribuir la cantidad de trabajo entre los recursos para luego optimizarlos y asegurar la disponibilidad de los mismos para el tiempo en cual son programados.
5. El seguimiento de las Restricciones, busca asegurar el levantamiento de las mismas en base a compromisos generados y asumidos por un responsable encargado de eliminar la restricción para mantener el flujo constante.
6. El cálculo de Ratios y Rendimientos, busca estimar los recursos necesarios y la velocidad de avance para la ejecución de actividades de manera eficiente.



## BIBLIOGRAFÍA

- Gonzales, Manuel; Arruñada, Benito. *“La decisión de subcontratar: El Caso de las Empresas Constructoras”*. Investigaciones Económicas, Vol. 3, 1997.
- Skoyles, John. *“Waste and the estimator. Chartered Institute of Building”*. England. Skoyles Edward. 1982.
- Soibelman, Lucio. *“Material de Desperdicio en la Industria de la Construcción: Incidencia y Control”*. Cuadernos FICA. México. 2000.
- Virgilio Ghio. *“Productividad en Obras de Construcción “Diagnostico, critica y propuesta”*. Pontifica Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial 2001.