

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



**ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE UNA CISTERNA PARA AGUA DE GRAN  
VOLUMEN**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JOHAN ELÍ MERCADO BUENDIA**

**Lima- Perú**

**2015**

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<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>CAPITULO I: GENERALIDADES</b> .....	<b>9</b>
1.1 RENDIMIENTO .....	9
1.2 RENDIMIENTO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN .....	9
1.3 TIPOS DE RENDIMIENTOS .....	10
1.4 ASPECTOS QUE AFECTAN Y DETERMINAN EL RENDIMIENTO.....	11
1.5 METODOLOGIAS PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTOS .....	15
1.6 BASE DE DATOS DE RENDIMIENTOS .....	16
1.7 PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LOS RENDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN.....	17
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA CISTERNA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA KIMBERLY CLARK</b> .....	<b>19</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	19
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL PROYECTO .....	23
2.3 ARQUITECTURA.....	31
<b>CAPÍTULO III: TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b> .....	<b>33</b>
3.1 DISEÑO DE LA MATRIZ DE ELEMENTOS .....	33
3.2 TOMA DE INFORMACIÓN EN CAMPO.....	35
3.3 FORMULAS DE CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	42
3.4 TABLAS CON RENDIMIENTOS PROMEDIO .....	44
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS – ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b> .....	<b>66</b>
4.1 ZAPATAS .....	66
4.2 COLUMNAS .....	67
4.3 PLACAS.....	68
4.4 VIGAS.....	70
4.5 LOSA .....	71

<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia desarrolla el análisis de rendimiento de la mano de obra que se presenta en algunos proyectos específicos de la construcción como es la construcción de una cisterna para agua contra incendios, realizado en la planta de producción de la Empresa Kimberly Clark Perú. Este análisis se realiza con el fin de encontrar un estándar de rendimiento que permita la comparación de las actividades que se efectúan en la realización de proyectos de características similares; este análisis es posible gracias a la información con los datos de los rendimientos y mano de obra que fueron medidos en campo por un equipo de profesionales que realizaron el seguimiento a cada actividad. Cabe indicar que estos rendimientos se ven afectados por múltiples factores de carácter ambiental, cantidad de personal, etc. No obstante son una buena referencia para proyectos futuros similares. Durante la ejecución de la obra se registró información relacionada con la fecha y hora de ejecución, ubicación del elemento, cantidad y mano de obra que ejecuta dicha actividad, esta información se tabuló y permitió calcular los rendimientos asociados a cada una de las actividades estudiadas, obteniendo como resultado principal una unidad de medida comparativa a partir de la experiencia. Mediante la recopilación del registro diario fotográfico se pudo determinar un rendimiento global por actividad en la ejecución del proyecto.

En el primer capítulo se realiza un tema teórico sobre los rendimientos de construcción, en la cual se presenta su definición, tipos de rendimiento, las metodologías que se usó para el cálculo de rendimientos, la base de datos usada en el país, y típicos para la planeación de los diferentes proyectos de construcción, así como la problemática asociada a los rendimientos.

En el capítulo dos se hace una descripción general del proyecto, donde se fundamentan las características que presenta la cisterna, el sistema constructivo del cual está compuesto, la descripción del proyecto, de igual manera se hace referencia a los componentes del diseño como sistema estructural y cimentación.

La toma de datos y procesamiento de la información se encuentran consignados en el capítulo tres, allí se describe el diseño inicial de la matriz elaborada para la toma de datos de campo, y se explica las fórmulas de cálculo utilizadas en la

presente investigación para la elaboración de la tabla matriz, por medio de la cual se logra estimar los rendimientos.

En el capítulo cuatro se presenta el análisis de los resultados y los índices de productividad obtenidos a partir de la tabulación de la información suministrada durante la ejecución de la obra para los elementos de zapatas columnas, vigas y losa de la estructura. Sumando a ello la determinación de los rendimientos globales de la obra por medio del registro establecido, que se llevó a cabo durante la ejecución del proyecto.

En el capítulo cinco se desarrollan las conclusiones de la investigación y recomendaciones que se puedan tener en obras de características similares en condiciones similares.

## LISTA DE CUADROS

TABLA 1: TIPO DE SECCIÓN DE ZAPATAS .....	25
TABLA 2: TIPO DE ZAPATAS .....	27
TABLA 3: TABLA MATRIZ ZAPATAS .....	37
TABLA 4: TABLA MATRIZ COLUMNAS .....	38
TABLA 5: TABLA MATRIZ DE PLACAS .....	39
TABLA 6: TABLA MATRIZ VIGAS .....	40
TABLA 7: TABLA MATRIZ LOZA MACIZA .....	41
TABLA 8: HABILITACIÓN DE ACERO .....	44
TABLA 9: COLOCACIÓN DE ACERO .....	45
TABLA 10: CONCRETO EN ZAPATAS AISLADAS .....	46
TABLA 11: CURADO DE ZAPATAS .....	47
TABLA 12: HABILITACIÓN DE ACERO .....	48
TABLA 13: COLOCACIÓN DE ACERO .....	49
TABLA 14: HABILITACIÓN DE ENCOFRADO .....	50
TABLA 15: ENCOFRADO .....	50
TABLA 16: CONCRETO .....	51
TABLA 17: CURADO QUÍMICO .....	52
TABLA 18: DESENCOFRADO .....	53
TABLA 19: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO EN CIMENTACIÓN DE PLACA .....	54
TABLA 20: HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN DE ACERO EN PLACA .....	54
TABLA 21: ENCOFRADO DE PLACA .....	55
TABLA 22: CONCRETO EN ZAPATAS .....	56
TABLA 23: CONCRETO EN PLACA .....	56
TABLA 24: CURADO QUÍMICO .....	57
TABLA 25: HABILITACIÓN DE ACERO (ESTRIBOS) .....	57
TABLA 26: COLOCACIÓN DE ACERO .....	58
TABLA 27: HABILITACIÓN DE ENCOFRADO .....	59
TABLA 28: ENCOFRADO .....	59
TABLA 29: CONCRETO .....	60
TABLA 30: DESENCOFRADO .....	60
TABLA 31: CURADO .....	61
TABLA 32: ENCOFRADO .....	62

TABLA 33: HABILITACIÓN DE ACERO SUPERIOR E INFERIOR DE ENMALLADO.....	63
TABLA 34: CONCRETO .....	63
TABLA 35.- CURADO.....	64
TABLA 36: DESENCOFRADO .....	64
TABLA 37: RENDIMIENTO EN ZAPATAS.....	66
TABLA 38: COLUMNAS .....	67
TABLA 39: PLACAS .....	69
TABLA 40: VIGAS .....	70
TABLA 41: LOSAS .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cuadro de Análisis de Causa Efecto de Ishiwa, Aspectos que afectan los rendimientos.....	14
Figura 2: Ubicación del Proyecto .....	20
Figura 3: Cimentación de La Placa .....	24
Figura 4: Solado de Zapata Típica.....	24
Figura 5: Viga de Cimentación.....	25
Figura 6: Muro de Contención Perimetral .....	26
Figura 7: Encofrado de Columna Típica.....	28
Figura 8: Encuentro de Vigas y Columnas.....	29
Figura 9: Encuentro de Vigas y Columnas.....	30
Figura 10: Vaciado de Concreto en la Losa Maciza .....	31
Figura 11: Campo Deportivo sobre la Cisterna Contra Incendios .....	32
Figura 12: Datos Columna.....	33
Figura 13: Mediciones Columnas .....	34



## INTRODUCCIÓN

En la ejecución de trabajo de ingeniería civil influye de manera determinante el tiempo y la calidad en los procesos que se realizan por la mano de obra; de manera que los rendimientos que se producen de esta son parte fundamental que pueden generar disminución en el tiempo de ejecución, calidad y economía en las actividades.

El presente documento surgió de la necesidad de poder contar con estadísticas, sobre el gasto de la mano de obra, más confiables y asequibles en la industria construcción para estructuras especiales, Como lo es el caso que se presenta; donde aprovechando la ejecución de esta obra, se realizó el seguimiento adecuado con formatos propios sobre la cantidad de recurso humano necesario en cada una de las actividades, para poder realizar un análisis adecuado mediante tabulaciones de los rendimientos obtenidos; y así compararlo con patrones vigentes en nuestro país.

El proyecto en estudio es la cisterna para agua contra incendios de gran volumen, propiedad de la corporación Kimberly Clark Company, en su planta ubicada en el distrito de Ate, con una capacidad de dos mil cuatrocientos metros cúbicos; con una estructura de concreto armado, revestida internamente con una geomembrana de pvc, para impermeabilizar la cisterna.

Los rendimientos obtenidos de las especialidades de estructuras de concreto armado fueron tabulados adecuadamente para ver el rango de variación y los casos que se presentaban, para poder proceder luego con la comparación con un patrón similar al caso estudiado; dando se a conocer luego los índices de productividad adecuados y brindando un análisis del por qué existe la variación en cada caso.

Los índices de productividad obtenidos servirán para formar parte de una futura base de datos para estructuras no comunes; y poder brindar una base sólida que sirva de referencia para el análisis, programación planeamiento y seguimiento de proyectos futuros con características similares; con el fin de llevar las obras con un uso más eficiente de los recursos necesarios

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 RENDIMIENTO**

El rendimiento de mano de obra es el tiempo que emplea un obrero o una cuadrilla para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra. Se encuentra relacionado directamente con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto, el rendimiento se puede cuantificar por mediciones realizadas en las obras y está sujeto a las condiciones de cada uno de los empleados.

### **1.2 RENDIMIENTO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

La productividad es la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados o la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto determinado, logrando el cumplimiento de metas deseadas. La importancia de la productividad radica en optimizar los insumos empleados para la ejecución de una actividad, de tal modo que se consiga una mayor cantidad de producto con menor recurso empleado, lo que significa una ganancia en tiempo y utilización de insumo.

Dentro de los insumos requeridos en las obras civiles se cuentan con tres grandes grupos, que son: materiales requeridos para la actividad, relación de equipo y herramienta y mano de obra necesaria para la ejecución de dicha tarea. Esta última depende directamente del rendimiento del personal utilizado, así que puede hacer que la productividad aumente o disminuya dependiendo del comportamiento de los rendimientos producidos en la ejecución de una actividad.

En la planificación de una obra civil se encuentran etapas muy importantes que marcan la diferencia en la realización de esta, tales como, el plan económico de inversión, ventas, presupuesto y la programación; todas estas requieren un forma óptima de manejo de modo que se presenten desperdicios y por tanto una pérdida económica. En la planificación y posterior ejecución del presupuesto y la programación son fundamentales los rendimientos de mano de obra ya que pueden disminuir los costos y tiempo de ejecución.

### **1.3 TIPOS DE RENDIMIENTOS**

Los tipos de rendimiento en las obras civiles se distribuyen en tres grupos, los rendimientos en materiales los cuales están dados cantidad de material entre unidad de material; mientras que la mano de obra y herramienta y equipo se mide por tiempo de uso sobre unidad de actividad.

#### **1.3.1 Rendimiento para materiales:**

Es la relación entre cantidad de material y la unidad de medida de la actividad, es decir que durante la ejecución de los trabajos se encuentra un desperdicio por cada material instalado, por ejemplo en la construcción de un muro de mampostería, se encuentra un desperdicio en los cortes que se requieren para la traba de los ladrillos, ya que al cortarlos, no todos alcanzan la longitud apropiada de instalación y por tanto se desechan, luego existe un rendimiento calculable dependiendo de las características de cada material; también existen otros factores como: transporte, acopio, calidad del producto, limpieza, organización, almacenamiento entre otros.

#### **1.3.2 Rendimiento de equipo y herramienta:**

Este rendimiento se define como el tiempo de uso de la maquinaria, equipo o herramienta en la elaboración de una actividad, depende de la cantidad de trabajo que pueda realizarse con el equipo o herramienta y el tiempo que lleve hacerlo, también influye tipo de herramienta o equipo que se use, por ejemplo los rendimientos de una retroexcavadora dependen de la capacidad de esta, la vida útil y el desempeño del operario. Este tipo de rendimiento presenta dificultad en el momento de medición ya que no existe información sobre el porcentaje de uso y el tiempo necesario de una herramienta durante la ejecución de una actividad, por ejemplo, el uso de un vibrador para concreto en la fundida de varias columnas, ya que éste no se utiliza para una sola columna, sino en todos los elementos que se estén ejecutando en ese momento. Para el cálculo de este tipo de rendimientos se hace necesario el conocimiento y la experiencia.

#### **1.3.3 Rendimiento de mano de obra:**

Estos dependen directamente de los factores que afectan las condiciones del trabajador, como son el estado de ánimo, situación personal, habilidades,

conocimiento, condiciones físicas y ritmo de trabajo. Este rendimiento se calcula como el tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollo de una actividad específica. Uno de los problemas más grandes que presentan en el momento de evaluar los rendimientos de la mano de obra debido a que no se pueden unificar, ya que son típicos de cada región, y dependen de factores como el clima, la altitud, y el tipo de obra a realizar.

#### **1.4 ASPECTOS QUE AFECTAN Y DETERMINAN EL RENDIMIENTO**

Las diferentes condiciones en las que se ve enfrentado la construcción de un proyecto, asocian una gran cantidad de factores que afectan el rendimiento de la mano de obra; los cuales se enumeran y se describen a continuación.

##### **1.4.1 Economía General:**

Este factor representa a la actual situación económica del país, esta influye directamente en:

- El volumen de trabajo o construcción global en la región de influencia del proyecto.
- Las posibilidades de empleo
- Tendencia de los negocios en general

Cuando estos indicadores son buenos o excelentes, la productividad se afecta negativamente, ya que se hace más difícil la consecución de mano de obra de buena calidad; mientras que por el contrario, si la economía mantiene su tendencia normal, se encontrara mayor disponibilidad de mano de obra y de mejor calidad.

##### **1.4.2 Aspectos Laborales:**

Las condiciones laborales en que se desarrolla la obra influyen en la eficiencia del trabajo, la disponibilidad de personal experto y capacitado; otras características a considerar son:

- El tipo de contrato para el caso de contrato a destajo.
- La cantidad de obreros que estén sindicalizados.
- Los incentivos que se entregan por labor cumplida
- Salarios o pagos a destajo
- Las buenas relaciones entre compañeros y superiores
- La tranquilidad que garantiza la seguridad social

- La implementación de la seguridad industrial, hacen que se dé mejor desempeño en la ejecución de las obras.

#### **1.4.3 Clima:**

Las condiciones climatológicas pueden afectar positivamente o negativamente en la ejecución de los trabajos entre estas se cuentan:

- El estado del tiempo, ya que en épocas lluviosas tienden a disminuir los rendimientos de la mano de obra.
- Temperatura, cuando estas son extremas se ve afectado negativamente el rendimiento del obrero.

#### **1.4.4 Actividad:**

Este factor se refiere a la actividad desempeñada por cada trabajador específicamente, la relación entre esta y las demás actividades, el plazo de ejecución, los medios para realizarla; también dentro de esta categoría se debe tener en cuenta como:

- El grado de dificultad.
- El riesgo que se corre en la elaboración de la actividad
- La discontinuidad, las interrupciones en la realización de actividades, disminuyen la productividad de la mano de obra.

#### **1.4.5 Equipamiento:**

Este factor hace referencia a la herramienta y equipo necesario, se ve afectado por:

- La disposición del equipo necesario
- Mantenimiento.
- Herramienta
- Elementos de protección para la realización de las actividades que lo necesiten, hace que se favorezcan los rendimientos de mano de obra.

#### **1.5.6 Trabajador:**

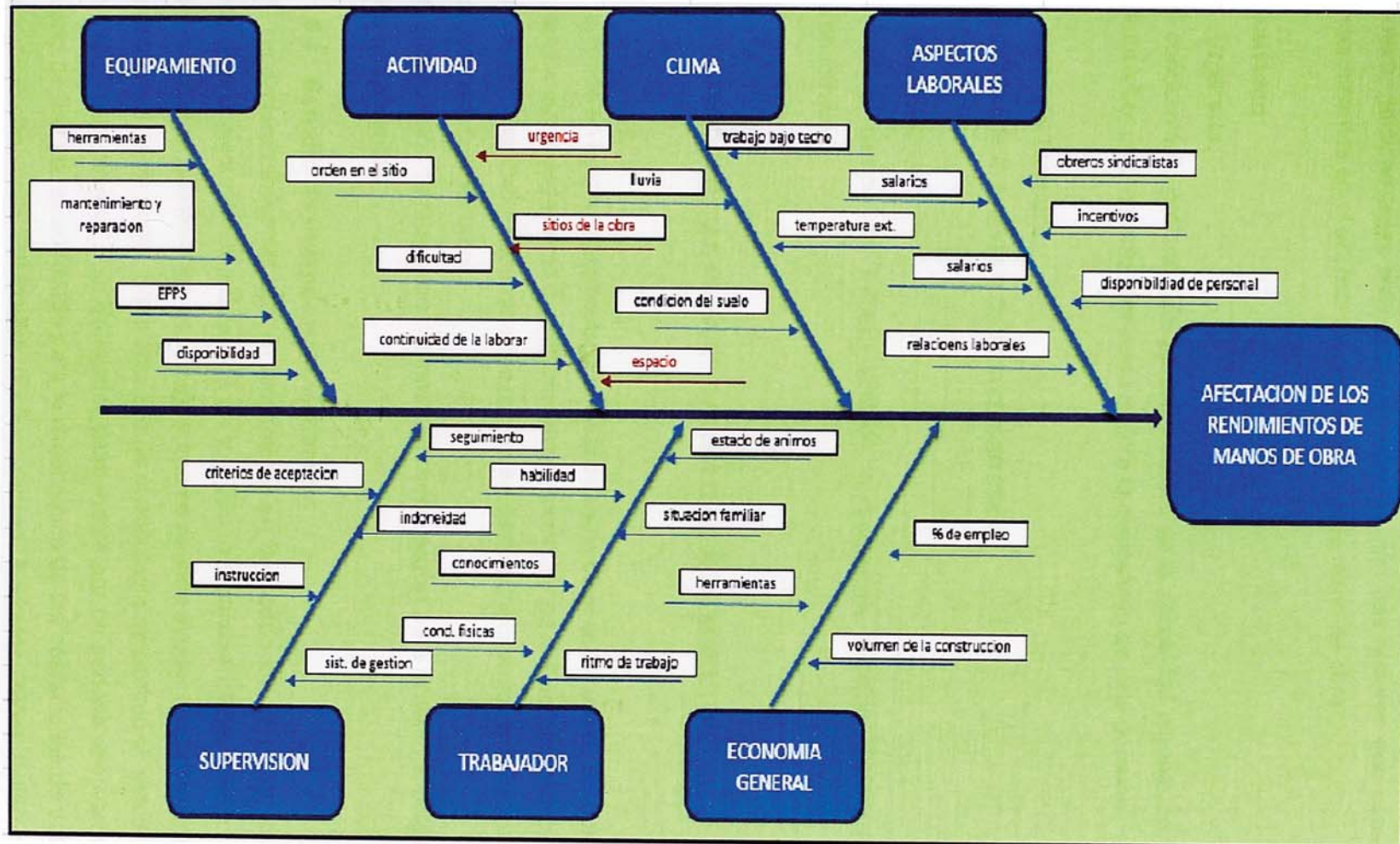
Los aspectos personales del obrero son muy diferentes para la ejecución de las actividades en estas influye:

- El estado de animo
- Situación personal

- Habilidades
- Conocimientos
- Condiciones físicas
- Ritmo de trabajo

A continuación se presenta un formato de diagrama causa efecto del análisis de los estudios; para esto se utiliza la metodología propuesta por Ishiwa o también llamado grafica con forma de espina central horizontal y con sus causas a los lados como otras espinas.

Figura 1 Cuadro de análisis de causa efecto de Ishiwa, aspectos que afectan los rendimientos



Fuente: Dr. Kaoru Ishikawa

Como un análisis de valor agregado a los factores que determinan el rendimiento, Botero, adiciona a las actividades de construcción tres factores que considera determinantes en el análisis del rendimiento de la mano de obra.

**Actividad:**

• **Urgencia:**

El conocimiento por parte del personal obrero de la necesidad urgente de tener cierta labor prontamente terminada mejora la disposición de este personal.

• **Sitio de Trabajo:**

La calidad de la superficie sobre la cual se labora

• **Espacio:**

Tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacio disminuye la productividad.

## 1.5 METODOLOGIAS PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTOS

Teniendo en cuenta la particularidad de la industria de la construcción así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad en sus actividades típicas, no es recomendable determinar los rendimientos de obra usando metodologías de procesos industrializados.

A continuación se presentan dos óptimas metodologías para la determinación de los rendimientos:

### 1.5.1 Estudio de tiempos y movimientos:

El rendimiento industrial que se fundamenta en la producción en masa, lo que significa la ejecución de trabajos de un solo tipo, con características iguales, que se realizan en puestos fijos de trabajo y que se pueden ayudar mayoritariamente por tecnología de punta. Entre este tipo de metodología se planteó el “estudio de tiempo”, que observa a un trabajador permanente por un período relativamente corto de tiempo, es adecuado para la observación de las operaciones de trabajo complejo con varias actividades. (Failing, Janzen, & Blevins, 2004), teniendo en cuenta la distancia, las herramientas, y las condiciones físicas del medio en que se realiza la tarea.



Como un análisis de valor agregado a los factores que determinan el rendimiento, Botero, adiciona a las actividades de construcción tres factores que considera determinantes en el análisis del rendimiento de la mano de obra.

**Actividad:**

• **Urgencia:**

El conocimiento por parte del personal obrero de la necesidad urgente de tener cierta labor prontamente terminada mejora la disposición de este personal.

• **Sitio de Trabajo:**

La calidad de la superficie sobre la cual se labora

• **Espacio:**

Tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacio disminuye la productividad.

## 1.5 METODOLOGIAS PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTOS

Teniendo en cuenta la particularidad de la industria de la construcción así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad en sus actividades típicas, no es recomendable determinar los rendimientos de obra usando metodologías de procesos industrializados.

A continuación se presentan dos óptimas metodologías para la determinación de los rendimientos:

### 1.5.1 Estudio de tiempos y movimientos:

El rendimiento industrial que se fundamenta en la producción en masa, lo que significa la ejecución de trabajos de un solo tipo, con características iguales, que se realizan en puestos fijos de trabajo y que se pueden ayudar mayoritariamente por tecnología de punta. Entre este tipo de metodología se planteó el “estudio de tiempo”, que observa a un trabajador permanente por un período relativamente corto de tiempo, es adecuado para la observación de las operaciones de trabajo complejo con varias actividades. (Failing, Janzen, & Blevins, 2004), teniendo en cuenta la distancia, las herramientas, y las condiciones físicas del medio en que se realiza la tarea.

### **1.5.2 Promedio de resultados:**

El rendimiento en obras de construcción que se refiere directamente a la cantidad de mano de obra expresado en horas hombre que puede ser entre uno o más trabajadores para ejecutar una cantidad de obra de una actividad en particular. Este sistema de rendimientos se basa en la recolección diaria de información en diferentes circunstancias, que luego se tabula en formatos mensuales para obtener promedios representativos.

Los rendimientos resultantes del presente estudio fueron calculados con la metodología de análisis de promedio de resultados. En la toma de datos se tuvo en cuenta el número de personas que desarrollaron la labor y su correspondiente cargo (capataz, operario, oficial, ayudante y peón), el porcentaje de obra ejecutado al momento de registrar la información, el tiempo que demora el personal en realizar dicha actividad y los tiempos de inactividad o descuentos por diferentes razones. El análisis de todas estas variables permite calcular para cada actividad el promedio de rendimientos.

Se llevó a cabo la respectiva revisión bibliográfica en libros y bases de datos como son los documentos de Luis Fernando Botero y Juan Guillermo Consuegra, quienes presentan resultados sobre sus experiencias vividas en Colombia, donde la industria de la construcción maneja un patrón de comportamiento muy similar en las diferentes regiones.

Dentro de la realización del estudio se llevó a cabo la recopilación bibliográfica, por medio de la toma de información de campo se diseñó una tabla matriz, se formularon cálculos, procedimientos, análisis de resultados y los índices de rendimiento para cada una de las actividades estudiadas.

Finalmente se definieron los rendimientos para cada una de las tareas estudiadas, consignadas en la tabla de cálculo, que tienen en cuenta los parámetros cuantificables, y se concluyó mediante los seguimientos del registro fotográfico de la obra, la implementación de cada uno de los patrones tenidos en cuenta en la ejecución del proyecto.

## **1.6 BASE DE DATOS DE RENDIMIENTOS**

Una base de datos de rendimientos es un conjunto de datos o información que se encuentra guardada y se caracteriza porque pertenece a un mismo contexto y generalmente está disponible para consultas de otros, es producto de estudios

realizados anteriormente y cuentan con la aprobación de personal experto en el tema.

El Manual de Rendimientos Mínimos de Mano de obra de las provincias de Lima y Callao de CAPECO, es la base de datos adoptada por el Ministerio de Vivienda y Construcción; promulgada en una de sus resoluciones; la cual se toma como referencia; aunque no se ha actualizado en los últimos años, lo cual genera cierta desconfianza.

Las bases de datos de rendimientos se contextualizan dependiendo de las condiciones de cada obra, sus actividades, su sitio de ejecución, el tiempo de ejecución, presupuesto, especificaciones técnicas y personal por lo tanto son variables dependiendo de estas y otras características externas o imprevistas, y de tal modo no son patrón de medida para todas las obras; por ejemplo una base de datos realizada en Venezuela no es aplicable totalmente a una obra a realizar en Bogotá Colombia, ya que las características que se presentan en este tipo de ciudades son muy diferentes tales como el clima, la presión, los trabajadores, etc.

## **1.7 PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LOS RENDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN**

En cada planeación de un proyecto que involucre mano de obra se deben tener en cuenta los rendimientos de esta, y toda la problemática asociada; es así como una de las mayores falencias en este campo de la ingeniería es que en las obras realizadas no se tiene estudios de rendimientos y muy pocos constructores dedican tiempo e inversión a lo relacionado con la toma de datos para el cálculo de rendimientos; lo que genera que no se cree un ambiente de estudio y por lo tanto no se encuentre gran cantidad de documentación al respecto. Siendo éste una parte del estudio de la ingeniería civil muy importante ya que en los rendimientos se encuentra el óptimo avance en la ejecución, presupuesto y programación de proyectos civiles.

Independientemente las grandes empresas privadas si cuentan con bases de datos propias y calculadas a partir de la toma de datos en campo, porque esto significa gran ventaja frente a otras que no cuentan con estos estudios, significando una mayor productividad

Con el estado de pocos estudios y el ánimo de obtener proyectos en calidad de licitación<sup>2</sup>, se ven problemas como la manipulación de los rendimientos en la

planeación, dando como resultado falsos rendimientos en la ejecución de los proyectos.

En nuestro país son muy pocas las bases de datos existentes que se utilizan para la planeación de proyectos, la industria de la construcción se ve afectada debido a que las empresas grandes como las urbanizadoras hacen sus propias bases de datos y no las prestan para el uso externo, siendo los más jóvenes en este campo quienes se ven más afectados. Toda vez que, no se cuenta con experiencia ni tampoco con referencias de algunos proyectos similares, Una de las bases de datos más utilizadas por los estudiantes de Ingeniería civil, es El Manual de Rendimientos Mínimos de Mano de obra aclarando que esta base de datos solo trabaja con rendimientos de obra de la ciudad de Lima, dejando por fuera de este grupo todo el interior del país

En los casos en que las empresas cuenten con bases de datos de rendimientos en las obras que han ejecutado, estos deberían ser publicados para que estén al servicio de otros que ejecuten proyectos de características similares, con el ánimo de mejorar la exactitud en costos.

## **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA CISTERNA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA KIMBERLY CLARK**

En el mes de julio del año 2012 la empresa consultora de riesgos GRC, realiza una serie de observaciones a el Sistema Contra Incendios de la empresa Kimberly Clark en su planta ubicada en Santa Clara; en la cual señala mediante un expediente de riesgos, que el sistema de almacenamiento y bombeo de agua con el que contaban era deficiente e insuficiente para la magnitud de desarrollo que tenía la planta en mención. También se enfatiza específicamente en el tiempo y la forma en cómo se realizaba el mantenimiento a la cisterna, la cual quedaba inhabilitada durante un periodo aproximado de 15 días, dejando sin un agua para el sistema contra incendios de la planta; lo cual generaba un sobre costo adicional importante por la contratación de bomberos y camiones mitigadores de fuego.

Debido al problema de la falta de un sistema contra incendios en los mantenimientos y la vulnerabilidad que se presentaba para la planta; la asegurada también ejerció una presión a la empresa para que rediseñara y plantear un nuevo almacenamiento para su sistema contra incendios.

La empresa como parte de la filosofía de la mejora continua y debido a los motivos expuestos, y siempre velando por la seguridad en el trabajo de su personal, y el cuidado del capital productivo que se desarrolla en su planta de producción, deciden realizar "Ampliación, Partición y Techado de la cisterna contra incendios de la Planta Santa Clara de Kimberly Clark".

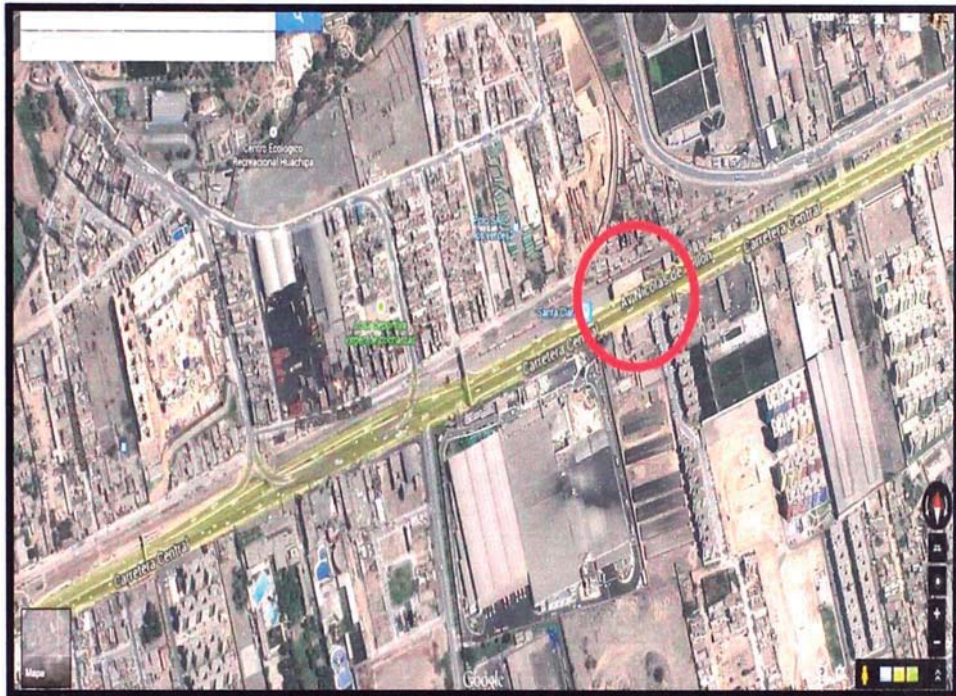
A continuación se presenta la descripción general del proyecto, en términos generales tanto de su configuración estructural, arquitectónica e hidráulica.

### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

- **Localización:**

La cisterna de agua contra incendios, se encuentra dentro de las instalaciones de la planta de producción de la empresa Kimberly Clark- Santa Clara; en la carretera central km 8.5, en el distrito de Ate, de provincia y región de Lima.

Figura 2: Ubicación del proyecto



Fuente: Google Maps

- **Características Generales:**

La cisterna fue construida sobre un terreno con un área aproximada de 1150 m<sup>2</sup>; sobre el cual se construirá una zona de esparcimiento para el personal que labora en dicha planta, se instalaron una cancha de grass sintético y una losa multideportiva.

La cisterna tiene una capacidad de volumen de 2450 metros cúbicos de agua; dividida en dos secciones, es decir cada cisterna actuara independiente con volúmenes útiles de 920 metros cúbicos; para la contención del líquido se instaló geo membranas de PVC e= 1.2 mm; tanto en paredes, columnas, placas, vigas y muros; la distribución del proyecto tiene los siguientes componentes:

- **Cuarto de Bombas:**

Se amplió el cuarto de bombas, el área antes de la intervención fue de 125 m<sup>2</sup>; finalizando el proyecto se dejó una área de 210 m<sup>2</sup>; la ampliación incluyo la instalación de dos pedestales para bombas de impulsión de 520 hp y un acondicionamiento de un cuarto de baterías; para conseguir el área adicional se

construyeron placas de concreto armado contiguas a la cisterna de agua, diseñadas como placas para un sistema de muros estructurales, y verificadas como muro de contención para evitar la presión del agua; con esto se logró instalar la nueva bomba de impulsión con su respectiva bomba jockey.

- **Cisterna 02:**

La cisterna 02, cuenta con un área de 480 m<sup>2</sup>, encerrada entre placas de concreto armado hasta una altura de 2 metros, para luego de ello dar paso a un talud de terreno natural con una altura de 1.2 metros impermeabilizado con una geo membrana en toda su superficie

- **Placa de división:**

Construida en concreto armado, con un área de 120 m<sup>2</sup>; divide a la cisterna original en dos; tiene un espesor de pared de 30 cm; y 7 columnas que ayudan en su estabilidad, es monolítica con la losa rígida.

- **Techo:**

Con un área de más de 1100 m<sup>2</sup>, cubriendo totalmente la primera cisterna y en un 85% de la segunda cisterna, está constituida por una losa rígida de concreto armado de  $e = 17.5$  cm; sobre la cual se construirán las nuevas áreas de esparcimiento de planta de producción.

- **Recubrimiento:**

El recubrimiento para la impermeabilización de La Cisterna se realizó con geo-membrana de PVC con un espesor de 1.5 mm; a cargo de la empresa CIDELSA; el trabajo duro fue la instalación de las más de 45 juntas que se presentaron; en referencia a una cisterna no techada; en esta se presentaban un gran número de columnas las cuales dificultaban el tendido de la geo-membrana; teniendo que realizarse juntas con platinas de aluminio bordeando las columnas y extrusando la geo-membrana hasta en 3 etapas en cada punto; para el anclaje de la geo-membrana en la viga perimetral se usaron previamente al vaciado ángulos de PVC, los cuales quedaron empotrados en la estructura y se realizó la termo fusión entre ángulo de PVC y membrana de PVC; el mismo proceso se realizó en la

inter-fase entre Bocatoma y cisterna, añadiéndose aditivos cristalizadores a la zona de concreto aumentar su impermeabilización.

- **Alimentación:**

La alimentación de la cisterna tiene dos puntos de ingreso; una para cada cisterna; todo con tubería enterrada de HDPE de 6"; con la ayuda de una bomba mecánica, activada de forma manual; el nivel de agua mínimo en cada cisterna es de 920 m3; los cuales son controlados manualmente, con una señalización instalada dentro de la cisterna.

- **Programación y presupuesto:**

El presupuesto inicial del proyecto fue de un millón veinte mil doscientos cuarenta y cinco con 34/100 nuevos soles (S/. 1'020,245.34) y un presupuesto final de obra de un millón trescientos noventa y cinco mil doscientos cincuenta con 00/100 nuevos soles (S/. 1'395,250.00) La programación inicial contaba con un plazo de 3.5 meses, iniciándose el 01 de agosto del 2013; pero por consideración de adicionales se culminó finalmente la obra concluyo el 13 de diciembre del 2013.

- **Organización:**

La obra fue llevada a cabo desde su observación, concepción diseño, construcción por las siguientes empresas

El diseño de la arquitectura y estructuras fue encarga a la empresa ALBERTO ORDOÑES INGENIEROS CONSULTORES

El diseño hidráulico de todo el sistema contra incendios fue encargado a la empresa ENSOL

La empresa que se ganó la licitación para la construcción de la cisterna y el cuarto de Bombas fue la empresa CONSTRUCTORA CONSULTORIA Y SERVICIOS INDUSTRIALES SAC; teniendo como residente de obra al Ing. Uber Buendía Mendoza; con la asistencia del Bach. Johan Mercado Buendía en la dirección de la obra.



## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL PROYECTO

Una estructura es la unión de varios elementos que trabajan en conjunto para dar estabilidad a esta, se caracteriza por brindar comodidad en la distribución de espacios, seguridad al diseño estructural entre otros; está compuesta principalmente por dos partes dentro de las que se cuentan la superestructura que hace referencia a la parte superior que sobresale del nivel del suelo y la cimentación o subestructura la cual es la parte inferior que se encuentra bajo el nivel del suelo.

Una estructura es la unión de varios elementos que trabajan en conjunto para dar estabilidad a esta, se caracteriza por brindar comodidad en la distribución de espacios, seguridad al diseño estructural entre otros; está compuesta principalmente por dos partes dentro de las que se cuentan a superestructura que hace referencia a la parte superior que sobresale del nivel del suelo y la cimentación o subestructura la cual es la parte inferior que se encuentra bajo el nivel del suelo.

- **Cimentación**

La cimentación es la unión entre la superestructura y el suelo sobre el cual se apoya una estructura, su función es transmitir las cargas al suelo, el cual debe ser capaz de resistirlas, es decir los esfuerzos que se generen debido a la estructura pueden ser transmitidos y disipados a diferentes profundidades del suelo.

El sistema de cimentación de la cisterna es superficial, ya que las características físicas y mecánicas del suelo de cimentación aportaron resultados eficientes, por dicha razón planteo la cimentación con zapatas aisladas ( 2.60m x 2.60m en promedio con un h=0.6m) unidas con vigas de amarre en algunos casos ( 0.30m x 0.50m con una longitud promedio de 3.5m), y una cimentación corrida similar a las de las zapatas para la placa media, adicionalmente se requirió de muros de contención perimetral de altura 2m en promedio, con un espesor de 0.20m para soportar las presiones del suelo.

Figura 3: Cimentación de la placa



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

- **Zapatas**

Las zapatas constituyen una clase de cimentación superficial, que se emplea en terrenos homogéneos y proporcionan estabilidad a la estructura. Generalmente de concreto armado. Diseñadas para que transmitan los esfuerzos de la estructura a el terreno. Los tipos de zapatas pueden ser clasificadas por su forma de trabajar, entre las que se encuentran las zapatas aisladas, combinadas, continuas y arriostradas; por su morfología son rectangulares, cuadradas, circulares y poligonales.

Figura 4: Solado de zapata típica



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

Para el desarrollo de este proyecto se trabajó con 3 tipos de zapatas poligonales, rectangulares y cuadradas en su mayoría; en un total de 29 zapatas; por su forma de trabajo son clasificadas como zapatas aisladas y zapatas continuas; el concreto usado fue de un  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y varillas de acero de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ; A continuación se presenta la tabla 1, donde se describe los tipos de zapatas y su correspondiente sección:

Tabla 1: Tipo de sección de zapatas

Zapata	Sección	Dimensiones			Refuerzo
		b	l	H	Acero (diámetro)
Z1	Cua.	2.60	2.60	0.60	5/8" @ 20 cm inf.y sup.
Z2	Rec.	2.60	3.5	0.60	5/8" @ 20 cm inf.y sup.
Z3	Pol.	2.60	3.5	0.60	5/8" @ 20 cm inf.y sup.
Z4	Rec.	1.40	24.5	5/8" @ 20 cm inf.y sup.	
Z5	Rec.	1.40	10.2	0.60	5/8" @ 20 cm inf.y sup.

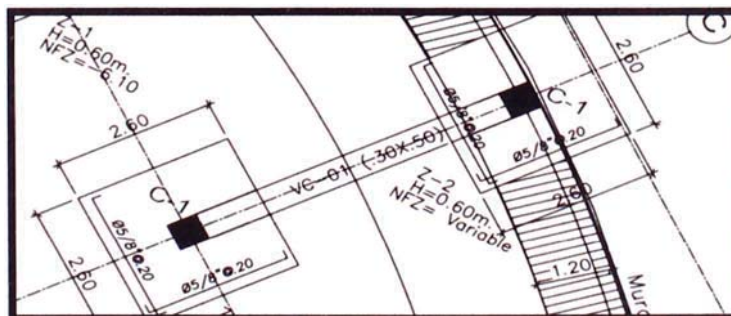
Fuente: Propia

- Vigas de Cimentación**

La viga de cimentación es una parte de la infraestructura o cimentación de una edificación y como tal sufre asentamientos en forma conjunta con la zapatas.

En este proyecto se construyeron 5 vigas de cimentación con longitud promedio de 3.5 m. todas con una sección 0.30mx.0.50m. El concreto usado fue de un  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y varillas de acero de  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Figura 5: Viga de cimentación



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

- **Muros de contención**

Los muros de contención son elementos constructivos y su principal objetivo es servir como pantalla, que retienen un material que debe conservar características como volumen, forma y sección, bien sea de un terreno natural, un relleno artificial o de un elemento a almacenar. Por ejemplo, un muro de contención de tierra, la plataforma de una vía o un tanque de almacenamiento de agua. La estructura cuenta con un muro perimetral reforzado de 120 metros, de un espesor de 0.20 m; cimentada en zapatas corridas, con el objetivo de dar estabilidad al terreno natural adyacente; tiene un altura común de 2 metros; los materiales usados fueron el concreto de un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y varillas de acero de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  de 5/8" de diámetro

Figura 6: Muro de contención perimetral



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

- **Sistema Estructural y Súper Estructura**

La superestructura hace referencia a todos los elementos que se encuentren ubicados desde el nivel del piso hacia arriba, la cual requiere de dos características fundamentales, la estabilidad y confort adecuado, lo que permite

que las superestructuras tengan un impacto positivo y armónico en el espacio, sin dejar de cumplir con su naturaleza funcional.

Los pórticos son estructuras que trabajan a flexión, están compuestos por la unión de vigas y columnas. Es la forma más común en el medio para la construcción de edificaciones. El sistema estructural utilizado en la construcción de este proyecto fue un sistema tipo apórticado, debido a que este sistema es el que permite la mayor libertad en la propuesta funcional, cumpliendo con los requerimientos estructurales de la normatividad.

El proyecto tiene luces máximas de 6.80 metros; de un solo nivel, se podría considerar como un sótano; sobre el cual se instalaran canchas de gras sintético y losas multideportivas; la obra cuenta con 26 columnas, dos placas de división con un total de 40 ml, y aproximadamente 280 metros de vigas y un área techada de 990 metros cuadrados, para los cuales se usaron concreto  $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$ ; y varillas de acero de diferentes diámetros de grado 60 con un  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ ; con las siguientes características.

#### a) Columnas

Las columnas son elementos verticales que transmiten carga axial de compresión, reciben cargas verticales de elementos superiores y los transmiten a la cimentación, su adecuado tamaño, forma, dimensiones, distribución y composición influyen de manera directa en su capacidad de carga. Son muy utilizadas por que proporcionan comodidad para distribuir espacios al tiempo que cumple con su función principal; Este proyecto cuenta con un solo tres tipos de columna con las siguientes características:

Tabla 2: Tipo de zapatas

Columna	Sección	Dimensiones			
		b	h	l	Acero.
TC	TS				
C1	Cua.	0.50	3.50	0.50	5/8" con estribos de 3/8" confinados en promedio cada 15 cm
C2	Cua.	0.50	3.50	0.50	
C3	Rec.	0.25	3.50	1.1	

Fuente: Propia

Figura 7: Encofrado de columna típica



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

## b) Vigas

En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia. En las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento. También pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado. La obra cuenta con vigas de sección común de 0.50 x 0.70 metros en un total de 280 metros lineales interactuando con la placa y las columnas.

Figura 8: Encuentro de Vigas y Columnas



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

### c) Placas

En ingeniería estructural, las placas y las láminas son elementos estructurales que geoméricamente se pueden aproximar por una superficie bidimensional y que trabajan predominantemente a flexión. Estructuralmente la diferencia entre placas y láminas está en la curvatura. Las placas son elementos cuya superficie media es plana, mientras que las láminas son superficies curvadas en el espacio tridimensional (como las cúpulas, las conchas o las paredes de depósitos).

Constructivamente son sólidos deformables en los que existe una superficie media (que es la que se considera aproxima a la placa o lámina), a la que se añade un cierto espesor constante por encima y por debajo del plano medio. El hecho de que este espesor es pequeño comparado con las dimensiones de la lámina y a su vez pequeño comparado con los radios de curvatura de la superficie, es lo que permite reducir el cálculo de placas y láminas reales a elementos idealizados bidimensionales.

En el proyecto se presentaron dos placas perpendiculares en su eje; las dos son de 3.2 metros de altura, con un espesor de 30 centímetros con un ancho, con longitudes de 29.30 metros la primera y la otra e 10.2 metros; cimentadas sobre zapatas corridas que nos sirve para rigidizar y dividir la cisterna

Figura 9: Placa media de división



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

#### **d) Losa maciza**

La Son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular llena, de poco espesor y abarcan una superficie considerable del piso.

Sirven para conformar pisos y/o techos que se apoyan en las vigas o muros. Pueden tener uno o varios tramos continuos. Tienen la desventaja de ser pesadas y transmiten fácilmente las vibraciones, el ruido y el calor; pero son más fáciles de construir.

Las luces de cada tramo se miden perpendicularmente a los apoyos; cuando éstos no sean paralelos, la luz del tramo será variable y se considerará en la dirección que predomina en la placa.

En nuestro proyecto se construyó una losa maciza en dos direcciones de 17.5 de altura, reforzado con acero de Diámetro 3/8 en dos mallas cada 15 cm, con



apoyos en las placas y los muros, con una área cercana al millar de metros cuadrados vaciada en dos partes.

Figura 10: Vaciado de concreto en la losa maciza



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

### 2.3 ARQUITECTURA

Kimberly Clark; consecuente con las filosofía de mejora continua y consientes del gran aporte que genera el accionar de todo su personal, realizo la inversión necesaria para poder hacer uso como zona de esparcimiento todo el área de generada por el techado de la cisterna contra incendios, que sumados a el área con el que se contaba antes de la obra, se llegó a obtener un área total aproximada de 900 m<sup>2</sup>; donde se instalaron áreas comunes de esparcimiento para todo el personal que labore en dicha planta; las características y tipos de áreas que se instalaron son:

- **Cancha de grass sintético**

Se instaló sobre la losa maciza de la cisterna una cancha de grass sintético de área 820 m<sup>2</sup> de medidas reglamentarias para practicar futsal de 12 jugadores; protegido por un cerco perimétrico con parantes metálicos y malla de nylon.

- **Losa multideportiva**

Adyacente a la cancha de gras sintético se instaló una losa multideportiva con accesorios y demarcaciones para practicar el basquetbol, vóley y tenis; en una área aproximada de 560 m<sup>2</sup>; cercado con mallas sintéticas y parantes metálicos; el acabado en el piso es en cemento semipulido sin juntas, total mente nivelado y con un pintado especial con pintura naval resistente a acciones físicas y químicas de la intemperie.

- **Área de tribunas**

Se instaló un área de tribuna con graderías a 4 niveles frente a las canchas de gras y losa multideportiva, con una capacidad para 145 espectadores; al ser contigua a la parte abierta de la cisterna cuenta con todas las medidas de seguridad, barandas y cobertura para lluvias y el sol; junto a las tribunas se instaló un espacio verde ornamental para dar una mejor vista del lugar; conformando un grato ambiente de descanso para el personal que labora en dicha planta, siguiendo así la filosofía de las mejoras contiguas hacia el recurso humano.

Figura 11: Campo deportivo sobre la cisterna contra incendios



Fuente: Archivos fotográficos de la empresa CCSI

### CAPÍTULO III: TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En el desarrollo del proyecto encontramos una variedad de actividades, cada una con sus diferentes características específicas y generales, basados en esa premisa necesitamos estandarizar las actividades para poder cuantificar y analizar el rendimiento de la mano de obra, para ello diseñaremos unas matrices de acuerdo a los siguientes procedimientos, que nos servirán para tomar los datos de campo y procesar la información de campo para los análisis posteriores.

#### 3.1 DISEÑO DE LA MATRIZ DE ELEMENTOS

Para tomar la información de campo se diseñó una matriz de datos que agrupara la mayor cantidad de información posible para cada actividad.

Los rendimientos calculados en la matriz de elementos se encuentran explicados a continuación para lo cual se toma como ejemplo la tabla matriz de columnas.

Figura 12: Datos columna

TC	TS	N° COL	DIMENSIONES			VOL. M3	UBICACIÓN		
			B	H	L		Eje X	Eje Y	Eje Z

Fuente: Propia

- **TC** : Tipo de columna, en los planos se encuentran 3 tipos de columnas
- **TS** : Tipo de sección, que se clasifican según su forma cuadradas y rectangulares.

#### DIMENSIONES

- **B** : Ancho que presenta la sección de la columna, la medida está dada en metros.
- **H** : Altura que presenta la sección de la columna, la medida está dada

en metros.

- **L** : Longitud libre que presenta la columna. La unidad de medida está dado en metros.

- **Vol. m<sup>3</sup>**: **Volumen** total que presenta el elemento. Es el producto de la dimensiones y su unidad de medida es m<sup>3</sup>.

### • UBICACIÓN

- **Eje X** : es la ubicación en las abscisas en planta donde se encuentra la columna.

- **Eje Y** : es la ubicación según las coordenadas en planta donde se encuentra la columna.

- **Eje Z**: es el nivel o planta en el cual se encuentra ubicada la columna.

Figura 13: Mediciones Columnas

MEDICIONES														
TAREA	FECHA	PERSONAL				HORA		DURACION Medida (Minutos)			Avance %	DURACION Proy		RENDIMIENTO
		Op	Of	Ayu	Ce	Inicio	Final	Bruta	Octo	Neta		Min.	Hora	

**Fuente:** Propia

- **Tarea:** se especifica qué tipo de actividad se realizó, Ah para habilitación de acero, Ac para la colocación del acero, Eh: para la habilitación del encofrado, Ee para el encofrado, y D: desencofrado, para el concreto C

- **Fecha:** se anota el día en que se realiza la toma de la observación para tener una idea general de los datos.

### PERSONAL

- **Op:** Operario, en esta casilla se indica el número de operarios que laboraron en la actividad.

- **Ofic:** Oficial, en esta casilla se indica el número de oficiales que laboraron en la actividad.

- **Ayud:** Ayudantes, en esta casilla se indica el número de ayudantes que laboraron en la actividad.

- **Ce:** Es la actividad de cuadrillas usadas en la partida en común

## HORA

- **Inicio:** este parámetro hace referencia al tiempo en el que se realizó la toma de datos, su unidad de medida en tiempo es la hora.
- **Dcto:** Descuentos, es el tiempo en que la cuadrilla hace una pausa, y deja de realizar la actividad; dado en horas
- **Neta:** es la duración sin descuentos, es la resta de la duración bruta menos los descuentos. La unidad de medida son horas
- **Avance :** es el porcentaje de ejecución de la actividad durante el tiempo de la toma de datos

## RENDIMIENTO

- **U/hh:** Es el resultado obtenido de la relación entre la cantidad de obra realizada y el tiempo en que se ejecutó la actividad.

### 3.2 TOMA DE INFORMACIÓN EN CAMPO

Simultáneamente al proceso de construcción de la cisterna, se utilizó el formato expuesto para llevar seguimiento de la ejecución de la obra, en ella se tuvieron en cuenta los aspectos más relevantes para la obtención de rendimientos, tales como ubicación, cantidad de mano de obra, porcentaje de obra ejecutado, y el tiempo empleado en dicha labor. Esta información fue utilizada para alimentar las matrices de datos explicadas en la sección anterior

La matriz de información realizada contempló los siguientes parámetros: (Ver Anexo B)

- **Localización,** esto se refiere a la ubicación del elemento estudiado en cuanto a los ejes espaciales en x e y.
- **Proceso,** hace referencia a la identificación de la tarea realizada en un mismo elemento que se divide según el proceso constructivo.
- **Duración,** este parámetro se fundamenta en la toma de tiempos de inicio y finalización de cada una de las actividades ejecutadas, contemplando la hora y fecha.

- **Porcentaje C (%C)**, porcentaje de construcción alcanzado en el tiempo de toma de datos.
- **Mano de obra**, número de Operarios, oficiales y ayudantes que laboraron en dicha actividad.
- **Condiciones**, en las que se indica el tipo de entorno en el que se desarrolló la actividad.
- **Observaciones**, espacio limitado para registrar situaciones anómalas o para información que facilitara el posterior cálculo y la identificación de cualquier alteración en el normal desarrollo del proyecto

De la toma de datos en campo se destacan algunos aspectos:

- Durante la ejecución de las labores de toma de datos, en los tiempos de receso ofrecidos a los trabajadores, algunos de estos se intercambiaban tareas y no retomaban la actividad inicial, generando dos rendimientos en una misma actividad.
- En la elaboración de los datos se clasificaron las actividades con cuadrillas similares a las que se usaran como parámetro para la comparación.
- Los porcentajes de ejecución de obra fueron determinados a criterio en función de la proporción entre la cantidad de obra realizada y la cantidad total, pero sin una media de mayor precisión.

A continuación se presentan las tablas base que se obtiene con los datos tomados en campo de las partidas que son parte del análisis del presente estudio:

Tabla 3: Tabla Matriz Zapatas

Tabla Matriz ZAPATAS																								
DATOS ZAPATAS										MEDICIONES														
TC	TS	N COL	DIMENSIONES			VOL. M3	UBICACION			TAREA	FECHA	PERSONAL					DURACION Medida			Avance	un	RENDIMIENTO		
			B	H	I		EjeX	EjeY	EjeZ			Cap	Op	Of	Ayu	Ce	HORA	desuento	Neta			Ren unitario	Pen Promedio	Un
Z1	C	1	2.5	0.6	2.6	4.06	A-B	4	-1	Ah	24/03/2013	0.1	2	2	-	2	1.20	0.00	1.20	132	kg	80.0		
Z1	c	1	2.5	0.6	2.6	4.06	A-B	4	-1	C	02/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.70	0	0.70	4 056	m3	5.79	7.1	m3/h
Z2	c	1	2.5	0.6	2.6	4.06	A-B	4	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.20	0.00	1.20	276	kg	90.0	88.0	kg/h
Z3	c	2	2.5	0.6	2.6	4.06	B	5	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.20	0	1.20	105.5	kg	87.92	80.1	kg/h
Z4	c	2	2.5	0.6	2.6	4.06	B	5	-1	C	02/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.65	0	0.65	4 056	m3	6.24		m3/h
Z7	c	3	2.5	0.6	2.6	4.06	B	4	-1	Cu	10/03/2013	-	-	-	1	1	0.20	0	0.20	13	m2	65.00	65.0	m2/h
Z8	c	3	2.5	0.6	2.6	4.06	B	4	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.30	0.00	1.30	225	kg	86.5		kg/h
Z9	c	4	2.5	0.6	2.6	4.06	B	3	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.50	0	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Z10	c	4	2.5	0.6	2.6	4.06	B	3	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.40	0.00	1.40	240	kg	85.7		kg/h
Z11	c	4	2.5	0.6	2.6	4.06	B	3	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.50	0	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Z13	c	5	2.5	0.6	2.6	4.06	C	6	-1	C	02/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.50	0	0.50	4 056	m3	8.11		m3/h
Z15	c	6	2.5	0.6	2.6	4.06	C	5	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.20	0	1.20	105.5	kg	87.92		kg/h
Z16	c	6	2.5	0.6	2.6	4.06	C	5	-1	C	02/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.50	0	0.50	4 056	m3	8.11		m3/h
Z18	c	7	2.5	0.6	2.6	4.06	C	4	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.50	0.00	1.50	230	kg	76.7		kg/h
Z23	c	8	2.5	0.6	2.6	4.06	C	3	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.30	0.00	1.30	220	kg	84.6		kg/h
Z24	c	9	2.5	0.6	2.6	4.06	C	2	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.50	0	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Z26	c	9	2.5	0.6	2.6	4.06	C	2	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.30	0	1.30	105.5	kg	81.15		kg/h
Z28	c	10	2.5	0.6	2.6	4.06	D	6	-1	Cu	10/03/2013	-	-	-	1	1	0.20	0	0.20	13	m2	65.00		m2/h
Z29	c	10	2.5	0.6	2.6	4.06	D	6	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.45	0.00	1.45	275	kg	74.1		kg/h
Z30	c	11	2.5	0.6	2.6	4.06	D	5	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.40	0.00	1.40	225	kg	80.4		kg/h
Z33	c	12	2.5	0.6	2.6	4.06	D	4	-1	Ah	24/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.40	0.00	1.40	220	kg	78.6		kg/h
Z34	c	12	2.5	0.6	2.6	4.06	D	4	-1	C	02/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.50	0	0.50	4 056	m3	8.11		m3/h
Z42	c	15	2.5	0.6	2.6	4.06	F	6	-1	Cu	10/03/2013	-	-	-	1	1	0.20	0	0.20	13	m2	65.00		m2/h
Z43	c	16	2.5	0.6	2.6	4.06	F	6	-1	Ac	27/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.20	0	1.20	105.5	kg	87.92		kg/h
Z44	c	16	2.5	0.6	2.6	4.06	F	6	-1	Ah	25/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.40	0.00	1.40	220	kg	78.6		kg/h
Z45	c	16	2.5	0.6	2.6	4.06	F	5	-1	Ac	01/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.00	0	1.00	105.5	kg	105.50		kg/h
Z47	c	17	2.5	0.6	2.6	4.06	F	5	-1	C	09/03/2013	0.1	1	2	3	1	0.70	0	0.70	4 056	m3	5.79		m3/h
Z50	c	18	2.5	0.6	2.6	4.06	F	4	-1	Ac	01/03/2013	0.1	1	1	2	1	1.60	0	1.60	105.5	kg	65.94		kg/h
Z53	c	19	2.5	0.6	2.6	4.06	F	3	-1	Ah	25/03/2013	0.1	1	1	2	2	1.20	0.00	1.20	245	kg	102.1		kg/h

Fuente: Propia

Tabla 4: Tabla Matriz Columnas

Tabla Matriz Columnas																								
DATOS COLUMNA								MEDICIONES																
TC	TS	N° COL	DIMENSIONES			VOL. M3	UBICACIÓN			TAPEA	FECHA	PERSONAL					DURACION Medida			Avance	Un	RENDIMIENTO		
			B	H	I		Eje X	Eje Y	Eje Z			Cap	Op	Of	Ayu	Ce	HORA	desuento	Neta			Renunitario	PenPromedio	Un
C1	C1	1	0.5	0.5	3.5	0.875	A-B	4	-1	Eh	05/03/2013	0	-	-	-	-	8.0	2.00	6.00	12	m2	1.0	1.1	m2/h
C2	C	1	0.5	0.5	3.5	0.875	A-B	4	-1	C	23/03/2013	0.1	2	2	4	1	0.70	0.0	0.70	0.875	m3	1.25	12	m3/h
C2	C	1	0.5	0.5	3.5	0.875	A-B	4	-1	Ah	07/03/2013	0.1	1	1	1	2	1.00	0.0	1.00	255	kg	132.50	106.8	kg/h
C1	C	2	0.5	0.5	3.5	0.875	B	5	-1	Ac	02/03/2013	0.1	1	1	2	1	3.80	0.0	3.80	208.5	kg	54.9	57.7	kg/h
C1	C	2	0.5	0.5	3.5	0.875	B	5	-1	D	10/01/2000	0.1	-	1	2	1	2.30	0.0	2.30	6	m2	2.61	2.5	m2/h
C1	C	2	0.5	0.5	3.5	0.875	B	5	-1	Ee	03/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	2.0	6.00	12	m2	2.00	2.0	m2/h
C1	C	3	0.5	0.5	3.5	0.875	B	4	-1	Eh	05/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.5	6.50	5	m2	1.25		m2/h
C1	C	3	0.5	0.5	3.5	0.875	B	4	-1	C	23/03/2013	0.1	2	2	4	1	0.65	0.0	0.65	0.875	m3	1.35		m3/h
C1	C	3	0.5	0.5	3.5	0.875	B	4	-1	Ah	07/03/2013	0.1	1	1	1	2	1.20	0.0	1.20	378.48	kg	157.70		kg/h
C2	C	4	0.5	0.5	3.5	0.875	B	3	-1	Ac	02/03/2013	0.1	1	1	2	1	4.30	0.0	4.30	208.5	kg	48.5		kg/h
C2	C	4	0.5	0.5	3.5	0.875	B	3	-1	Ah	08/03/2013	0.1	1	1	1	2	0.80	0.0	0.80	274	kg	171.25		kg/h
C2	C	4	0.5	0.5	3.5	0.875	B	3	-1	Ac	02/03/2013	0.1	1	1	2	1	4.00	0.0	4.00	208.5	kg	52.1		kg/h
C2	C	5	0.5	0.5	3.5	0.875	C	6	-1	Ee	04/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.5	6.50	12	m2	1.85		m2/h
C2	C	5	0.5	0.5	3.5	0.875	C	6	-1	C	23/03/2013	0.1	2	2	4	1	0.80	0.0	0.80	0.875	m3	1.09		m3/h
C2	C	5	0.5	0.5	3.5	0.875	C	6	-1	Eh	05/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.0	7.00	6	m2	0.73		m2/h
C1	C	6	0.5	0.5	3.5	0.875	C	5	-1	Ac	03/03/2013	0.1	1	1	2	1	3.20	0.0	3.20	208.5	kg	65.2		kg/h
C1	C	6	0.5	0.5	3.5	0.875	C	5	-1	D	23/03/2013	0.1	-	1	2	1	2.00	0.0	2.00	5.4	m2	2.70		m2/h
C1	C	6	0.5	0.5	3.5	0.875	C	5	-1	D	23/03/2013	0.1	-	1	2	1	2.40	0.0	2.40	6	m2	2.50		m2/h
C1	C	7	0.5	0.5	3.5	0.875	C	4	-1	Ah	03/03/2013	0.1	1	1	1	2	1.10	0.0	1.10	353.32	kg	160.60		kg/h
C1	C	7	0.5	0.5	3.5	0.875	C	4	-1	Eh	08/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.0	7.00	7	m2	1.0		m2/h
C1	C	7	0.5	0.5	3.5	0.875	C	4	-1	D	27/03/2013	0.1	-	1	2	1	2.40	0.0	2.40	6	m2	2.50		m2/h
C1	C	8	0.5	0.5	3.5	0.875	C	3	-1	Eh	06/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.0	7.00	6	m2	0.9		m2/h
C1	C	8	0.5	0.5	3.5	0.875	C	3	-1	Ee	05/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	3.0	5.00	12	m2	2.40		m2/h
C1	C	8	0.5	0.5	3.5	0.875	C	3	-1	Ah	03/03/2013	0.1	1	1	1	2	0.87	0.0	0.87	275.355	kg	156.25		kg/h
C1	C	9	0.5	0.5	3.5	0.875	C	2	-1	Ac	03/03/2013	0.1	1	1	2	1	4.20	0.0	4.20	208.5	kg	49.6		kg/h
C1	C	9	0.5	0.5	3.5	0.875	C	2	-1	Eh	05/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	1.4	6.60	8	m2	1.2		m2/h
C1	C	9	0.5	0.5	3.5	0.875	C	2	-1	Ac	03/03/2013	0.1	1	1	2	1	3.50	0.0	3.50	208.5	kg	59.6		kg/h
C1	C	10	0.5	0.5	3.5	0.875	D	6	-1	Ee	08/03/2013	0.1	1	1	1	1	8.00	2.0	6.00	12	m2	2.00		m2/h
C1	C	10	0.5	0.5	3.5	0.875	D	6	-1	C	01/02/2013	0.1	2	2	4	1	0.50	0.0	0.50	0.875	m3	1.75		m3/h

Fuente: Propia



Tabla 5: Tabla Matriz de Placas

Tabla Matriz Placas																					
DATOS PLACA																					
P	T	DIMENSIONES			VOLUMEN	UBICACIÓN		FECHA	PERSONAL					DURACION Medida			Avance	un	RENDIMIENTO		
		B	caras	l		Eje X	Eje Y		Cap	Op	Cf	Ayu	Cuchillas	HORA	descuento	Meta			Ren unitario	Ren Promedio	Un
P-1	Azapata	1	0.1	22	78.90	E	--	02/09/2013	1	1	1	2	2	8.00	0	8.00	220	kg	13.8		
P-2	Azapata	14	0.6	12.5	10.50	--	4	02/09/2013	0.1	1	1	2	2	8.00	0	8.00	120	kg	7.50	12.2	
P-1	Azapata	14	0.6	22.5	78.90	E	--	03/09/2013	0.1	1	1	2	2	8.00	0	8.00	256.5	kg	13.53		
P-2	Azapata	14	0.6	12.5	10.50	--	4	03/09/2013	0.1	1	1	2	2	8.00	0	8.00	145.6	kg	9.10		
P-1	Aclaca	0.3	4	22.5	27.00	E	--	04/09/2013	0.1	1	1	2	2	9.00	2	7.00	334	kg	23.86		
P-2	Aclaca	0.3	4	12.5	7.00	--	4	05/09/2013		1	1	2	2	7.00	1.2	5.80	185.3	kg	15.06	19.8	
P-1	Aclaca	0.3	4	22.5	27.00	E	--	05/09/2013	0.1	1	1	2	2	9.00	1.2	7.80	352.1	kg	22.57		
P-2	Aclaca	0.3	4	12.5	7.00	--	4	07/09/2013	0.1	1	1	2	2	7.00	0.8	6.20	205.4	kg	15.56		
P-1	Czapata	14	0.6	22.5	78.90	E	--	18/09/2013	0.1	1	1	6	1	4.00	1.2	2.80	18.90	m3	6.8	7.8	
P-2	Czapata	14	0.6	12.5	10.50	--	4	18/09/2013	0.1	1	1	6	1	2.00	0.8	1.20	10.50	m3	8.75		
P-1	Cplaca	2.6	0.3	22.5	17.55	E	--	18/09/2013	0.1	1	1	5	1	3.50	0	3.50	9.5	m3	2.71	2.3	
P-2	Cplaca	2.6	0.3	12.5	9.75	--	4	18/09/2013	0.1	1	1	2	1	2.50	0	2.50	4.2	m3	1.66		
P-1	Curado	2.6	0.3	22.5	117.00	E	--	02/09/2013	0.1	--	--	1	1	4.00	0	4.00	117	m2	29.25	25.5	
p-2	Curado	2.6	0.3	12.5	65.00	--	4	24/08/2013	0.1	--	--	1	1	3.00	0	3.00	65	m2	21.7		
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	10/09/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	1	7.00	5	m2	0.2		
P-2	Encofi	2.6	0.6	2.6	4.06	--	4	10/09/2013	0.1	1	1	2	2	1.50	0	1.50	105.5	kg	70.33		
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	10/09/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	1.4	7.60	7	m2	0.92	0.7	
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	13/09/2013		1	1	2	3	8.00	1	7.00	8	m2	1.14		
P-2	Encofi	2.6	0.6	2.6	4.06	--	4	13/09/2013	0.1	1	1	2	2	1.45	0	1.45	215	kg	74.1		
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	13/09/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	0.3	7.70	6.6	m2	0.3		
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	16/09/2013	0.1	1	1	2	3	10.00	2	8.00	8.1	m2	0.3		
P-2	Encofi	2.6	0.6	2.6	4.06	--	4	16/09/2013	0.1	1	1	2	2	0.50	0	0.50	4.056	m3	8.11		
P-1	Encofi	2.6	2	22.5	117.00	E	--	16/09/2013		1	1	2	3	10.00	1.5	8.50	8.4	m2	0.93		
P-1	Cplaca	2.6	0.3	22.5	17.55	E	--	18/09/2013	0.1	1	1	5	1	2.80	0	2.80	8	m3	2.86		
P-2	Cplaca	2.6	0.3	12.5	9.75	--	4	18/09/2013	0.1	1	1	2	1	3.00	0	3.00	5.55	m3	1.85		

Fuente: Propia

Tabla 6: Tabla Matriz Vigas

Tabla Matriz Vigas																						
DATOS VIGAS								MEDICIONES														
NUMERO	DIMENSIONES				UBICACIÓN			Tarea	Fecha	CUADRILLA					DURACIÓN			Avanc.	und	RENDIMIENTO		
	b	h	l	Vol. M3	eje	columnas	Eje Z			Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Docto	Neta			Rend. Unit	Rend. Prome	Und. De Ren.
v-010	0	0	15	3.30	B	c2-c4	-1	Ah	02/10/20	0	1	1	1	1	5.1	0.5	4.5	150.0	kg	33.3	43.7	kg/hh
v-0102	0.3	0.7	24.3	5.103	C	c5-c9	-1	Ac	02/10/2013	0.1	1	1	2	2	8.0	1.0	7.0	171.50	kg	24.5	23.85	kg/hh
v-0103	0.3	0.7	24	5.04	D	c10-c14	-1	Ee	01/10/2013	0.1	1	2	1	1	5.0	0.8	4.2	24.0	ml	5.7	3.70	ml/hh
v-0104	0.3	0.7	23.6	4.956	F	c15-c19	-1	Eh	24/09/2013	0.1	1	1	1	1	8.0	0	6.0	40.12	m2	5.7	7.23	kg/hh
v-0105	0.3	0.7	19.52	4.12	G	c21-c24	-1	C	19/11/2013	0.1	1	2	4	1	0.5	0	0.4	4.12	m3	9.8	9.09	m3/hh
v-0106	0.3	0.7	10.04	2.1084	H	c25-c26	-1	D	27/11/2013	-	-	1	2	1	0.5	0	0.6	10.04	ml	16.7	15.23	ml/hh
v-0107	0.3	0.7	15.475	3.24975	5	c2-p1	-1	Cur	15/10/2013	0.1	-	-	1	1	0.8	0	0.8	20.89	m2	27.9	25.31	m2/hh
v-0108	0.3	0.7	19.23	4.04	4	c1-p1	-1	Ah	02/10/2013	0.1	1	1	1	1	5.0	1	4.0	175.26	kg	43.8		kg/hh
v-0109	0.3	0.7	18.92	3.9732	3	c4-p1	-1	Ac	02/10/2013	0.1	1	1	2	2	8.0	0.9	7.1	151.94	kg	21.4		kg/hh
v-0110	0.3	0.7	7.32	1.5372	2-3	c9-c14	-1	Ee	01/10/2013	0.1	1	2	1	1	2.0	0.0	2.0	7.3	ml	3.7		ml/hh
v-0111	0.3	0.7	5.4	1.134	2	c19-c24	-1	Eh	24/09/2013	0.1	1	1	1	1	2.0	0.0	1.5	9.18	m2	5.1		kg/hh
v-0112	0.3	0.7	11.66	2.45	2-3	c14-P1	-1	C	14/10/2013	0.1	1	2	4	1	0.3	0	0.3	2.45	m3	8.1		m3/hh
v-0113	0.3	0.7	11.34	2.3814	1-3	P1-c20	-1	D	27/11/2013	-	-	1	2	1	0.5	0.0	0.5	11.34	ml	22.7		ml/hh
v-0114	0.3	0.7	15.82	3.32	1-3	c20-c27	-1	Ah	02/10/2013	0.1	1	1	1	1	5.0	0.3	4.7	144.18	kg	30.7		kg/hh
v-0101	0.3	0.7	15.7	3.297	B	c2-c4	-1	Ac	03/10/2013	0.1	1	1	2	2	8.0	0.5	7.5	221.25	kg	29.5		kg/hh
v-0102	0.3	0.7	24.3	5.103	C	c5-c9	-1	Ee	02/10/2013	0.1	1	2	1	1	5.0	0.3	4.7	24.3	ml	5.2		ml/hh
v-0103	0.3	0.7	24	5.04	D	c10-c14	-1	Eh	25/09/2013	0.1	1	1	1	1	6.0	0	6.0	40.8	m2	5.8		kg/hh
v-0104	0.3	0.7	23.6	4.96	F	c15-c19	-1	C	19/11/2013	0.1	1	2	4	1	0.7	0	0.3	4.96	m3	14.4		m3/hh
v-0105	0.3	0.7	19.52	4.1202	G	c21-c24	-1	D	18/10/2013	-	-	1	2	1	1.0	0	1.0	19.62	ml	19.5		ml/hh
v-0106	0.3	0.7	10.04	2.11	H	c25-c26	-1	Ah	02/10/2013	0.1	1	1	1	1	3.0	0	3.0	91.50	kg	30.5		kg/hh
v-0107	0.3	0.7	15.475	3.24975	5	c2-p1	-1	Ac	03/10/2013	0.1	1	1	2	2	8.0	0.4	7.6	210.89	kg	27.5		kg/hh
v-0108	0.3	0.7	19.23	4.0383	4	c1-p1	-1	Ee	03/10/2013	0.1	1	2	1	1	6.7	0.7	6.0	19.2	ml	3.2		ml/hh
v-0109	0.3	0.7	37.84	7.9464	3	c4-p1	-1	Eh	25/09/2013	0.1	1	1	1	1	6.0	0	6.0	64.328	m2	10.7		kg/hh

Fuente: Propia

Tabla 7: Tabla Matriz Loza Maciza

Tabla Matriz LOSA																							
DATOS LOSA										MEDICIONES													
TC	e	DIMENSIONES				UBICACIÓN			TAREA	FECHA	PERSONAL					DURACION Medida			Avance	un	RENDIMIENTO		
		B	H	Area de trabajo	volumen	Eje X	Eje Y	Eje Z			Cap	Op	Of	Ayu	Ce	HORA	descuento	Neto			Renunitario	Pien Plomado	Lh
L1	0.18	--	--	130.45	--	E-D	--	0	Ea	01/10/2013	0	--	2	--	--	8.00	100	7.00	43.0	m2	6.1	--	m2/h
L1	0.18	--	--	436.5	76.3875	--	--	0	C	13/10/2013	0.1	2	3	5	1	12.00	15	10.50	76.3875	m2	7.28	7.0	m3/h
L1	0.18	--	--	436.5	--	D-A	--	0	As	14/10/2013	0.1	1	2	1	3	8.00	0	8.00	130.23	kg	172.53	181.3	kg/h
L1	0.18	--	--	436.5	--	D-A	--	0	As	14/10/2013	0.1	1	2	1	3	2.00	0	2.00	394.2	kg	52.70	--	kg/h
L1	0.18	--	--	130.45	--	E-D	--	0	D	13/10/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	130.45	m2	15.31	17.3	m2/h
L1	0.18	--	--	130.45	--	E-D	--	0	Ee	02/11/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	0.4	8.60	49.6	m2	1.9	2.2	m2/h
L1	0.18	--	--	155.45	--	D-C	--	0	Ee	04/11/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	0.1	8.90	52.9	m2	2.0	--	m2/h
L1	0.18	--	--	436.5	76.3875	--	--	0	C	15/10/2013	0.1	2	3	5	1	2.00	0	2.00	14.7875	m2	7.39	--	m3/h
L1	0.18	--	--	436.5	--	D-A	--	0	Ai	15/10/2013	0.1	1	2	1	3	8.00	0	8.00	2523.2	kg	315.40	--	kg/h
L1	0.18	--	--	155.45	--	D-C	--	0	Ee	05/11/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	0.3	8.70	49.7	m2	1.9	--	m2/h
L2	0.18	--	--	335.6	67.46	--	--	0	C	20/11/2013	0.1	2	3	5	1	11.00	12	9.80	67.46	m2	6.69	--	m3/h
L1	0.18	--	--	150.4	--	C-A	--	0	Ee	07/11/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	0	8.00	45.1	m2	1.9	--	m2/h
L1	0.18	--	--	155.45	--	D-C	--	0	D	20/11/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	155.45	m2	19.43	--	m2/h
L1	0.18	--	--	150.4	--	C-A	--	0	D	21/11/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	150.4	m2	18.80	--	m2/h
L1	0.18	--	--	150.4	--	C-A	--	0	Ee	08/11/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	0	8.00	49.6	m2	2.1	--	m2/h
L1	0.18	--	--	126.5	--	E-F	--	0	D	28/11/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	126.5	m2	15.81	--	m2/h
L1	0.18	--	--	126.5	--	E-F	--	0	Ee	04/11/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	0.4	7.60	48.1	m2	2.1	--	m2/h
L1	0.18	--	--	126.5	--	E-F	--	0	Ee	05/11/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	0.4	8.60	45.8	m2	1.8	--	m2/h
L1	0.18	--	--	143.4	--	F-G	--	0	Ee	07/11/2013	0.1	1	1	2	3	8.00	0	8.00	50.2	m2	2.1	--	m2/h
L2	0.18	--	--	335.6	67.46	--	--	0	C	20/11/2013	0.1	2	3	5	1	2.00	0	2.00	12.5556	m2	6.33	--	m3/h
L1	0.18	--	--	145.5	--	F-G	--	0	D	25/11/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	145.5	m2	18.19	--	m2/h
L1	0.18	--	--	143.4	--	F-G	--	0	Ee	08/11/2013	0.1	1	1	2	3	9.00	12	7.80	44.5	m2	1.9	--	m2/h
L1	0.18	--	--	120.44	--	G-H	--	0	Ee	10/11/2013	0.1	1	1	2	2	9.00	0.3	8.70	24.1	m2	1.4	--	m2/h
L1	0.18	--	--	120.44	--	G-H	--	0	D	30/11/2013	0.1	--	2	4	1	8.00	0	8.00	120.44	m2	15.06	--	m2/h
L1	0.18	--	--	120.44	--	G-H	--	0	Ee	11/11/2013	0.1	1	1	2	2	8.00	0.3	7.70	25.3	m2	1.6	--	m2/h
L1	0.18	--	--	120.44	--	G-H	--	0	Ee	12/11/2013	0.1	1	1	2	2	8.00	0	8.00	36.1	m2	2.3	--	m2/h
L1	0.18	--	--	120.44	--	G-H	--	0	Ee	13/11/2013	0.1	1	1	2	2	9.00	0	9.00	24.1	m2	1.3	--	m2/h
L1	0.18	--	--	436.5	--	D-A	--	0	Ai	15/10/2013	0.1	1	2	1	3	2.00	0	2.00	281	kg	140.50	--	kg/h

Fuente: Propia

### 3.3 FORMULAS DE CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Retomando la información obtenida de campo durante la ejecución de la obra, se procedió a tabularla en las matrices de elementos. Para un mayor entendimiento se toma como ejemplo la construcción de la columna 11 de la cisterna 01, del día 11 de septiembre de 2013, a continuación se procede a mostrar cada una de las formulas y cálculos utilizados para la obtención del rendimiento de este elemento:

#### a. Cálculo para el volumen

Teniendo la ubicación del elemento se procedió a verificar que tipo de columna y la sección, con estos datos se obtuvieron las dimensiones. Para determinar el volumen se calculó el producto de las dimensiones (base, altura, longitud); esto nos permite tener un común denominador para las demás; y si existen columnas circulares; aunque no es el caso se presenta la siguiente ecuación para general para el cálculo del volumen:

$$0.5 \cdot 0.6 \cdot 3.21 + \frac{\pi}{4} \cdot 0^2 = 0.963 \text{ m}^3$$

#### b. Cálculo para la cuadrilla equivalente CE

Debido a la necesidad de comparar los rendimientos de mano de obra obtenidos en los diferentes elementos estudiados, se estandarizó la mano de obra ya que para la realización de una misma actividad fueron utilizados diferentes cuadrillas; debido a ello se utilizaron los datos con características similares a los que se usaran de patrones, y por tanto esto permite un equilibrio cercano en cuanto al personal requerido para la ejecución de una actividad. Así que apoyados en la experiencia y tradición en la ejecución de las tareas de un proyecto, se trasladaron los rendimientos a cuadrillas equivalentes a las que propone en su publicación las de CAPECO.

### c. Cálculo para la duración bruta

Para determinar la duración bruta se hace la diferencia entre la hora final y la hora inicial; tomada de la hoja de reclutamiento de información, para luego ser trasladada transformada en horas a sus respectivas tablas matrices.

$$4:52 - 4:10 = 42 \text{ minutos}$$

### d. Cálculo para la duración neta

Al resultado de la duración bruta se le restan los descuentos que se hayan tenido en cuenta para la actividad por diferentes motivos, ya se capacitación de seguridad; liberación de actividad, espera de supervisión etc. entonces la duración neta es igual a la duración bruta menos el tiempo generado por las pausas.

$$42 - 0 = 42 \text{ minutos}$$

### e. Cálculo para el Rendimiento [actividad/tiempo]

El rendimiento se determina de la relación entre el tiempo en horas empleado para la ejecución de la actividad por una cuadrilla base, comparable; en el presente estudio, se presenta el cálculo del rendimiento unitario y el rendimiento promedio de las actividades:

- **Rendimiento Unitario**

Es la relación entre la actividad realizada específica entre el tiempo necesario en el que se realizó la toma de datos de la actividad; en varios trabajos se usó más de una cuadrilla; por lo que a la relación mencionada se le dividirá entre las cuadrillas que se usó en la actividad:

ACTIVIDAD	= Rend. Unitario
TIEMPO X N°	
CUADRILLAS	

- **Rendimiento Promedio**

Es el promedio Aritmético que se calcula entre todos los rendimientos unitarios para tener el resultado final con el cual se puede realizar las comparaciones, con los parámetros establecidos.

Ren. Promedio =	$\frac{\Sigma \text{ Ren. Unit}}{\# \text{ de datos}}$
-----------------	--

Del mismo modo se realizaron los cálculos para cada una de los elementos estudiados, ya que todos mantienen las mismas características en cuanto al personal utilizado y al óptimo avance de estos en la ejecución de los trabajos.

### 3.4 TABLAS CON RENDIMIENTOS PROMEDIO

Con la ayuda de los datos tabulados de acuerdo a las tareas específicas (tablas presentadas anteriormente en la sección 3.2 del presente estudio), se realizó la tabla dinámica para cada actividad en estudio, para llevar a cabo esto se seleccionó el rango de datos que se necesitó para procesar la información, después se seleccionaron los parámetros más relevantes para lograr una mejor claridad en los análisis.

Con los procedimientos planteados se presenta las tablas por cada elemento en análisis:

#### a) Zapatas

Los datos recolectados en la zapata fueron disgregados en actividades secuenciales, como son la Habilitación de acero (Ah), la Colocación de Acero (AC), el vaciado del concreto (C) y el curado de la estructura de cimentación; en las tablas siguientes se presentan los resultados:

Tabla 8: Habilitación de acero

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	hora	Avance	und	Unit	Prom.	Und
Ah	0.1	2	2	-	2	1.75	105.6	kg	30.2		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	1.80	105.6	kg	58.7	50.5	kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	1.80	105.6	kg	58.7		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	1.60	105.6	kg	66.0		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.00	105.6	kg	52.8		kg/h

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	hora	Avance	und	Unit	Prom.	Und
Ah	0.1	1	1	2	2	1.90	105.6	kg	55.6		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.50	105.6	kg	42.2		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.35	105.6	kg	44.9		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	3	1.90	105.6	kg	55.6		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.00	105.6	kg	52.8		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	1.90	105.6	kg	55.6		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.30	105.6	kg	45.9		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.40	105.6	kg	44.0		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.30	105.6	kg	45.9		kg/h
Ah	0.1	1	1	2	2	2.20	105.6	kg	48.0		kg/h

Fuente: Propia

El total de acero que se trabajó para las zapatas fue de 2900 kg distribuidos en varillas de 5/8" en doble enmallado; para la habilitación del acero para las zapatas se obtuvo un rendimiento diario por cuadrilla de 400 kg/día; respecto a la publicación de CAPECO (250 kg/cm<sup>2</sup>); se tiene un mayor rendimiento por las condiciones; el fierro fue habilitado en un taller con espacio exclusivo para el trabajo de acero; se usó dos tronadoras de 14"; y lo más trascendente que el trabajo no tenía variación, las 27 zapatas habilitadas tienen la misma configuración de acero lo que ayuda en una independencia del oficial y ayudante; llevando esto a un mayor rendimiento.

Tabla 9: Colocación de acero

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit.	Prom.	Und
Ac	0.1	1	1	2	1	1.20	105.5	kg	87.92	80.1	kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.20	105.5	kg	87.92		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.30	105.5	kg	81.15		kg/h

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit.	Prom.	Und
Ac	0.1	1	1	2	1	1.20	105.5	kg	87.92		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.00	105.5	kg	105.50		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.60	105.5	kg	65.94		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.40	105.5	kg	75.36		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.50	105.5	kg	70.33		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	1.20	105.5	kg	87.92		kg/h

Fuente: Propia

Sobre la colocación de acero, el trabajo se básicamente fue el transporte de la malla de acero, con 4 persona, a una distancia de 20 metros; y el aseguramiento del acero mediante amarres anclados al solado. El rendimiento que se obtiene es de 640 kg/día; equivalente al aproximado de 6 zapatas por día trabajo dentro de obras; Sobre el patrón usado nos da unos 250 kg/día; respecto al cual se trabajó con un rendimiento 250% mayor; debido a la facilidad y repetitividad del trabajo; esto se debe a que la eficiencia y simplicidad en el proceso de instalación del acero; también se toma en cuenta la instalación de los dados de concreto para asegurar el adecuado recubrimiento del acero dentro de la estructura en mención.

Tabla 10: Concreto en Zapatas Aisladas

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Un	Unit	Prom.	Und
C	0.1	1	2	3	1	0.70	4.056	m3	5.79	7.1	m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.65	4.056	m3	6.24		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.50	4.056	m3	8.11		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.50	4.056	m3	8.11		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.50	4.056	m3	8.11		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.70	4.056	m3	5.79		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.70	4.056	m3	5.79		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.60	4.056	m3	6.76		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.60	4.056	m3	6.76		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.65	4.056	m3	6.24		m3/h



T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Un	Unit	Prom.	Und
C	0.1	1	2	3	1	0.60	4.056	m3	6.76		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.50	4.056	m3	8.11		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.50	4.056	m3	8.11		m3/h
C	0.1	1	2	3	2	0.55	4.056	m3	7.37		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.55	4.056	m3	7.37		m3/h
C	0.1	1	2	3	1	0.55	4.056	m3	7.37		m3/h

Fuente: Propia

El vaciado de Concreto Premezclado se realizó con una Bomba con pluma de 50 metros, y tubería de bombeo de 6"; El oficial, se encargó de la conducción de la manguera; con la ayuda del operario; los ayudantes se encargaron del vibrado; siempre bajo supervisión; se vació a un rendimiento de 55 m3/día; se contrató 7 Mixer con capacidad de 8 m3/cu; los cuales demoraron aproximadamente 1 hora por cada uno entre llegada, bombeo y retiro.

Tabla 11: Curado de zapatas

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Cu		-	-	1	1	0.20	13	m2	65.00	65.0	m2/h
Cu	-	-	-	1	1	0.20	13	m2	65.00		m2/h
Cu	-	-	-	1	1	0.20	13	m2	65.00		m2/h
Cu	-	-	-	1	1	0.20	13	m2	65.00		m2/h

Fuente: Propia

El curado de las zapatas se realizó con agua de uso doméstico provisto por el cliente; se realizó las comunes arroceras alrededor de la zapata y se le hecho el agua; para este proyecto se tuvo un rendimiento de 65 m2/hh.

## b) COLUMNAS

Los datos recolectados en las columnas fueron disgregados en actividades secuenciales, la Habilitación de acero (Ah), Colocación de Acero (AC), el vaciado del concreto (C) y finalmente el curado de la estructura; en las tablas siguientes se presentan los resultados:

Tabla 12: Habilitación de acero

T	Personal					Medición			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	horas	Avance	un	Unit	Prom	Und
Ah	0.1	1	1	1	2	1.00	82	kg	41.00	38.8	kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	1.20	94	kg	39.17		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	0.80	72	kg	45.00		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	1.10	71	kg	32.27		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	0.87	72.4	kg	41.61		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	3.00	265	kg	44.17		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	2.10	145.5	kg	34.64		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	1.50	120	kg	40.00		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	1.80	140	kg	38.89		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	2.20	167	kg	37.95		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	4.00	315.6	kg	39.45		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	3.80	280	kg	36.84		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	3.00	220	kg	36.67		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	2	3.50	245	kg	35.00		kg/h

Fuente: Propia

La habilitación del acero para las columnas se llevó en las mismas condiciones que la habilitación para el de las zapatas; obteniéndose un rendimiento de 310 kg/cm<sup>2</sup>; esto por la complejidad del trabajo en referencia a el de la zapatas; en comparación al del patrón emitido por CAPECO el cual da 250 kg/día, se obtuvo un 24% más de rendimiento; La diferencia de la caída considerable frente a las zapatas, radica en que para realizar una columna se da mayor tiempo en el amarre de los estribos a el acero longitudinal; en este caso se trabajó 3260 kg de acero

en varillas de 5/8" los estribos fueron de 3/8"; en un total de 3055 kg; teniéndose por cada juego de confinamiento con 5 estribos diferentes por cada unidad de confinamiento; ahí radica la complejidad del trabajo; sumado a ello que entre columna y zapata existen muchos más amarres con alambre.

Tabla 13: Colocación de acero

T	PERSONAL					Duración			RENDIMIENTO		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	HORA	avance	und	Rend.	Prom	und
Ac	0.1	1	1	2	1	3.80	208.5	kg	54.9	57.7	kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	4.30	208.5	kg	48.5		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	4.00	208.5	kg	52.1		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	3.20	208.5	kg	65.2		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	4.20	208.5	kg	49.6		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	3.50	208.5	kg	59.6		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	2.50	208.5	kg	83.4		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	3.20	208.5	kg	65.2		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	4.30	208.5	kg	48.5		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	3.80	208.5	kg	54.9		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	3.50	208.5	kg	59.6		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	1	4.10	208.5	kg	50.9		kg/h

Fuente: Propia

La colocación del acero para columnas toma consideración desde que el acero habilitado, es puesto a pie de obra; en la obra se levantaron las columnas en dos partes, las de las cisterna 01 y la de la cisterna 02; en la primera se instaló el acero en un total de 14 columnas; cada una con 208.5 kg; la cuadrilla que realizo tuvo un rendimiento de 2 columnas por día, empleándose 3 cuadrillas para la tarea; esto nos da un rendimiento de 460 kg/día; esto mayor al patrón en casi 85% más; porque se suprime el transporte del acero en esta partida, y se coloca 2 ayudantes de más frente a lo que propone CAPECO.

Tabla 14: Habilitación de encofrado

T	Personal				Medida				Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Un.	Unit	Prom	Und
Eh	0.1	1	1	-	2	8.00	12	m2	1.0	1.1	m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	5	m2	1.25		m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	6	m2	0.73		m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	7	m2	1.0		m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	6	m2	0.9		m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	8	m2	1.2		m2/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.00	9	m2	1.4		m2/h

Fuente: Propia

La habilitación del encofrado se realizó fuera de obra; se obtuvo un rendimiento de 8.8 m<sup>2</sup>; con tablas de 10 pulgadas por 10 pies; y barrotes de 3"x2"; el encofrado de 26 columnas se realizó con la idea de realizar moldes, debido a las condiciones; comparado con el patrón planteado por CAPECO, de 40 m<sup>2</sup>/día, se obtiene una rendimiento menor en 75%.

Tabla 15: Encofrado

T	Personal				Mediciones				Rendimientos		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Un
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00	2.0	m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.85		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.40		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.40		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.71		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.71		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.71		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.40		m2/h

T	Personal				Mediciones				Rendimientos		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Un
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	2.00		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.71		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.85		m2/h
Ee	0.1	1	1	1	2	8.00	12	m2	1.71		m2/h

Fuente: Propia

El encofrado de las columnas se realizó por partes; limitadas por la cantidad de moldes con los que se contaban en obra; Inicialmente se encofro las primeras 7 columnas dando un metrado de 52.5 m2; teniéndose un rendimiento por cuadrilla de 16 m2/día; aquí se esperaba un mayor rendimiento, pero por temas de procedimientos de seguridad y liberaciones de alineamiento se tuvo una merma, aun así se obtuvo un 60% más de rendimiento estipulado por CAPECO.

Esto se pudo haber dado por la configuración de la estructura; que nos da facilidad e independencia de trabajo; es decir el peón y el oficial pueden predecir de alguna forma los pasos a seguir y no esperar demasiado seguimiento del operario; ya que el proceso es bastante repetitivo.

Tabla 16: Concreto

T	Personal				Medida				Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
C	0.1	2	2	4	1	0.70	0.875	m3	1.25	1.2	m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.65	0.875	m3	1.35		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.80	0.875	m3	1.09		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.50	0.875	m3	1.75		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.60	0.875	m3	1.46		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.70	0.875	m3	1.25		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.70	0.875	m3	1.25		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.60	0.875	m3	1.46		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.65	0.875	m3	1.35		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.80	0.875	m3	1.09		m3/h

T	Personal					Medida			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
C	0.1	2	2	4	1	0.66	0.875	m3	1.33		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.59	0.875	m3	1.48		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	1.00	0.875	m3	0.88		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	1.20	0.875	m3	0.73		m3/h
C	0.1	2	2	4	1	0.90	0.875	m3	0.97		m3/h

Fuente: Propia

El concreto usado fue premezclado con ayuda de mixer de 7 m<sup>3</sup>; y bomba de concreto de similares características que las zapatas; aquí se tiene un rendimiento de 9.6 m<sup>3</sup>/día; se previa mayor metraje de avance, pero el confinamiento de la cantidad de acero usado en estribos dificultaba el paso del concreto y el vibrado; el cual fue un factor determinante para el avance; en esta etapa se considera el tiempo que se demora en trasladar al menos una vez los andamios y elementos de seguridad para el anclaje del personal que trabajo en el vaciado; las consideraciones que plantea CAPECO son diferentes; y con un equipo y maquinaria diferente, pero los rendimientos se acercan; ya que en esta obra se obtuvo solo un 4% de menor rendimiento que el que se estipula; el personal que propone CAPECO, son dos operarios, dos oficiales y dos ayudantes, En este caso realizamos equivalentes entre las dos condiciones tendríamos que el m<sup>3</sup> de concreto fue mucho más costoso que el que propone el patrón de comparación; esto por procedimientos de seguridad que solicita el cliente; por el estándar de trabajos en altura con el que se trabaja en la planta (trabajo de altura a partir del 3 peldaño de la escalera, aproximadamente, 50 cm del piso).

Tabla 17: Curado químico

T	Personal					Medida			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ay	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Curado	0.1	--	--	1	1	0.50	6.2	m2	12.40	12.4	m2/h
Curado	0.1	-	--	1	1	0.50	6.2	m2	12.40		m2/h

Fuente: Propia

El curado del concreto de las columnas fue realizado con una membrana química, producto de Chema; con un rendimiento de 100 m<sup>2</sup>/día. Con EPP adecuado.

Tabla 18: Desencofrado

T	Personal				Medida				Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
D	0.1	-	1	2	1	2.30	6	m2	2.61	2.5	m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.00	5.4	m2	2.70		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.40	6	m2	2.50		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.40	6	m2	2.50		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.50	6	m2	2.40		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.40	6	m2	2.50		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.00	6	m2	3.00		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	3.00	6	m2	2.00		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	3.20	6	m2	1.88		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.00	6	m2	3.00		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.50	6	m2	2.40		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.70	6	m2	2.22		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.90	6	m2	2.07		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.40	6	m2	2.50		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.30	6	m2	2.61		m2/h
D	0.1	-	1	2	1	2.30	6	m2	2.61		m2/h

Fuente: Propia

El desencofrado de las columnas se hizo con herramientas manuales para el corte de los acero, se tuvo un rendimiento de 20 m<sup>2</sup>/día; el cual incluye la limpieza de la madera para el siguiente encofrado y el almacenamiento adecuado para sus posteriores usos dentro de la obra.; según el parámetro usado se tiene que el rendimiento fue un 50% menos que el estipulado, esto se debió a los procedimientos de seguridad solicitados por el cliente (presencia del supervisor de seguridad de la entidad, reglamento interno de seguridad, chek list debidamente refrendado por el residente, Prevencionista y supervisor de obra, etc).

### c) PLACA

Los datos recolectados en las placas fueron desgregados en actividades secuenciales, como son la Habilitación y Colocación de Acero en zapatas (Azapata), Habilitación y Colocación de acero en la placa (AC), el encofrado; el vaciado del concreto en la zapata y la placa(C) y finalmente el curado de la estructura en general con membranas químicas; en las tablas siguientes se presentan los resultados obtenidos de las mediciones realizadas; usándose los datos que más se acerquen a las condiciones planteadas por CAPECO; para un comparación con mayor precisión.

Tabla 19: Habilitación y colocación de acero en cimentación de placa

T	PERSONAL					Medida			RENDIMIENTO		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Azapata	0.1	1	1	2	2	8.00	220	kg	13.8		kg/h
Azapata	0.1	1	1	2	2	8.00	120	kg	7.50	12.2	kg/h
Azapata	0.1	1	1	2	2	8.00	296.5	kg	18.53		kg/h
Azapata	0.1	1	1	2	2	8.00	145.6	kg	9.10		kg/h

Fuente: Propia

El rendimiento obtenido en la habilitación y colocación del acero en la cimentación de las placas es de 98 kg/día, todo el trabajo fue realizado dentro de la zona de trabajo, debido a la complejidad de transportar la malla por sus dimensiones; esto mermo el rendimiento; ya que según el patrón plantea un rendimiento de 125kg/día; se obtuvo un 21.6 % menos. Las condiciones de trabajo fueron normales.

Tabla 20: Habilitación y colocación de acero en placa

T	PERSONAL					Medida			RENDIMIENTO		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Aplaca	0.1	1	1	2	2	9.00	334	kg	23.86		kg/h
Aplaca	-	1	1	2	2	7.00	186.3	kg	16.06	19.8	kg/h
Aplaca	0.1	1	1	2	2	9.00	352.1	kg	22.57		kg/h
Aplaca	0.1	1	1	2	2	7.00	205.4	kg	16.56		kg/h

Fuente: Propia



El rendimiento en la colocación de aceros perpendiculares, en la placa fue de 158.4 kg/día; aquí se tuvo un rendimiento mayor debido a que el acero no necesito cortes; se colocaron varillas de acero entera en el enmallado; lo que ayudo a mejorar el rendimiento en un 26% del estipulado. Aquí se consideró el transporte del acero en una distancia aproximada de 30 metros; desde el almacén colocado a pie de obra, El metraje total de acero trabajado en las placas fue de 1403 kg; distribuidas entre varillas de 3/8" y 1/2"; lo que ayudo en el rendimiento debido a la maniobrabilidad del acero para su traslado, y amarre dentro de la placa.

Tabla 21: Encofrado de placa

T	PERSONAL					tiempo	Avance	un	RENDIMIENTO		
	Cap	Op	Of	Ayu	Cu	Hora			Unit	Prom	Un
Encofr	0.1	1	1	2	3	8.00	5	m2	0.2		m2/h
Encofr	0.1	1	1	2	3	9.00	7	m2	0.92	0.7	m2/h
Encofr	-	1	1	2	3	8.00	8	m2	1.14		m2/h
Encofr	0.1	1	1	2	3	8.00	6.8	m2	0.3		m2/h
Encofr	0.1	1	1	2	3	10.00	8.1	m2	0.3		m2/h
Encofr	-	1	1	2	3	10.00	8.4	m2	0.99		m2/h

Fuente: Propia

Uno de los trabajos que demando mayor tiempo y personal fue el encofrado de la placa, con un total de casi 120 m<sup>2</sup>; a dos caras; para esta tarea se empleó en el encofrado tablas de madera de 10 pulgadas, y tres cuadrillas que durante culminaron en casi 8 días y con horario extendido, el rendimiento promedio que se obtuvo de en la actividad fue de 5.6 m<sup>2</sup>/día, un 37.8% menos del que se estipula; esto por el uso de tablas y que el encofrado se aseguró sobre terreno natural, lo disminuía el avance.

Tabla 22: Concreto en Zapatas

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Cu	Hora	Avance	un	Unit	Prom	Un
Czapata	0.1	1	1	6	1	4.00	18.90	m3	6.8	7.8	m3/h
Czapata	0.1	1	1	6	1	2.00	10.50	m3	8.75		m3/h

Fuente: Propia

El concreto vaciado en la cimentación de las placas se realizó con concreto pre mezclado; usándose un total de 5 camiones; obteniéndose un rendimiento de 63 m3/día, CAPECO estipula que el rendimiento en esta actividad es de 25 m3, por lo cual se tiene un rendimiento superior en un 150%; esto comparación es muy relativa; ya que CAPECO propone 2 operarios, 2 oficiales y 8 peones, con una mezcladora de 9 p3; sobre costos a mayor metraje vaciado con mixer el costo es menor.

Tabla 23: Concreto en Placa

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Cu	Hora	Avance	un	Unit	Prom	Un
Cplaca	0.1	1	1	5	1	3.50	9.5	m3	2.71	2.3	m3/h
Cplaca	0.1	1	1	2	1	2.50	4.2	m3	1.68		m3/h
Cplaca	0.1	1	1	5	1	2.80	8	m3	2.86		m3/h
Cplaca	0.1	1	1	2	1	3.00	5.55	m3	1.85		m3/h

Fuente: Propia

El concreto vaciado en las placas se realizó con concreto pre mezclado; el metrado de las placas fue de 28.8 m3; se realizó en dos secciones para evitar que la fuerza del vaciado desplome el encofrado, la primera parte se realizó de 8 a 12 pm y la segunda parte de las 3 a 9 pm; el aditivo que se solicitó para el vaciado fue el acelerante; se obtuvo un rendimiento de 22.5 m3/día; el estipulado es de 8.5 m3, en cajas de ascensores, algo similar al trabajo realizado; en el cual se obtuvo un

164% más de rendimiento establecido; como se mencionó por condiciones diferentes a las planteadas por CAPECO.

Tabla 24: Curado químico

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Cu	Hora	Avance	un	Unit	Prom	Un
Curado	0.1	--	--	1	1	4.00	117	m2	29.25	25.5	m2/h
Curado	0.1	--	--	1	1	3.00	65	m2	21.7		m2/h

Fuente: Propia

El curado del concreto de las columnas fue realizado con una membrana química, producto de Chema; el rendimiento obtenido fue de 200 m<sup>2</sup>/día a una mano de membrana; en esta sección no existe parámetro con el cual se realizaría la comparación.

#### d) VIGA

Los datos recolectados en la construcción de las vigas; fueron disgregados en actividades secuenciales, como son la Habilitación de acero, para los estribos (Ah), la Colocación de Acero (AC), el vaciado del concreto (C), el desencofrado (D), el curado de la estructura; en las tablas siguientes se presentan los resultados:

Tabla 25: Habilitación de Acero (estribos)

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Avanc.	und	Unit	Prom.	Und.
Ah	0.1	1	1	1	1	5.0	150.01	kg	33.3	43.7	kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	5.0	175.26	kg	43.8		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	5.0	144.18	kg	30.7		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	3.0	91.50	kg	30.5		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	4.0	106.27	kg	26.6		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	2.0	178.82	kg	89.4		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	2.0	49.22	kg	41.0		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	5.0	218.74	kg	54.7		kg/h
Ah	0.1	1	1	1	1	5.0	172.44	kg	43.1		kg/h

Fuente: Propia

El rendimiento en la habilitación de acero para las vigas fue de 350 kg/día; el trabajo se realizó en el taller fuera de la obra, para lograr un mayor rendimiento; existía tres tipos de estribos que conformaban el sistema de confinamiento; respecto al parámetro se tiene un 40% más de rendimiento. En esta tarea se usa un personal similar al que plantea CAPECO; el mayor rendimiento se da, como ya se comentó por la independencia del trabajador; ya que al ser este un proceso repetitivo, se el ayudante actuó con mayor aporte al trabajo; En esta partida se usó una cortadora de acero de diámetro 14", el cual da mayor eficiencia a la hora de realizar el corte, a la medida que solicita la configuración de las columnas, en este caso de 50 x 50 cm.

Tabla 26: Colocación de acero

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	Horas	Avanc.	und	Unit	Prom	Und.
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	171.50	kg	24.5	23.86	kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	151.94	kg	21.4		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	221.25	kg	29.5		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	210.89	kg	27.6		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	154.96	kg	20.3		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	174.64	kg	23.0		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	201.48	kg	27.6		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	138.96	kg	19.3		kg/h
Ac	0.1	1	1	2	2	8.0	154.80	kg	21.5		kg/h

Fuente: Propia

La colocación del acero tuvo un rendimiento de 190 kg/día; menor en 24% del estipulado debido a las condiciones de procedimientos de seguridad dentro de la obra; solicitada por el departamento de Seguridad Kimberly Clark.

Tabla 27: Habilitación de encofrado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	Horas	Avance		Unit	Prom	Und.
Eh	0.1	1	1	1	1	8.0	40.12	M	6.7	6.23	ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	2.0	9.18	M	6.1		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	6.0	40.8	M	6.8		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	6.0	64.328	M	8.2		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	5.0	26.69	M	5.3		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	8.0	65.382	M	8.2		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	3.0	26.894	M	6.0		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	3.0	17.068	M	5.7		ml/h
Eh	0.1	1	1	1	1	3.4	19.822	M	6.1		ml/h

Fuente: Propia

La habilitación del encofrado para fondos de viga; tapas de los costados y uniones; se realizaron en obra; inicialmente para la cisterna 01, todo trabajado con madera de 10 pulgadas, el rendimiento obtenido fue de 24.5 m<sup>2</sup>; el parámetro no da como rendimiento estándar el de 40 m<sup>2</sup>; en las mismas condiciones; con lo cual se logró un rendimiento menor en 38%; esto debido a que se requería permisos y procedimientos pre establecidos por el cliente; lo cual mermo el rendimiento

Tabla 28: Encofrado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Avanc.	und	Unit	Prom	Und.
Ee	0.1	1	2	1	1	5.0	24.0	ml	5.7	3.70	ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	2.0	7.3	ml	3.7		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	5.0	24.3	ml	5.2		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	6.7	19.2	ml	3.2		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	5.5	15.8	ml	3.2		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	5.8	15.5	ml	2.9		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	3.0	11.3	ml	3.8		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	5.0	19.6	ml	3.9		ml/h
Ee	0.1	1	2	1	1	3.0	5.4	ml	1.8		ml/h

Fuente: Propia

La habilitación del encofrado para fondos de viga; tapas de los costados y uniones; se realizaron en obra; inicialmente para la cisterna 01, todo trabajado con madera de 10 pulgadas, el rendimiento obtenido fue de 29.5 m<sup>2</sup>; el parámetro no da como rendimiento estándar el de 40 m<sup>2</sup>; en las mismas condiciones; con lo cual se logró un rendimiento menor en 26%.

Tabla 29: Concreto

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	Hora	Avance	und	Unit	Prom	Und.
C	0.1	1	2	4	1	0.8	4.12	m3	5.15	4.85	m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.45	2.45	m3	5.44		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.2	4.96	m3	4.13		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.6	1.54	m3	2.57		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.35	5.10	m3	3.775		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.4	7.95	m3	5.68		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.6	3.30	m3	5.5		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.2	6.50	m3	5.42		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.4	2.38	m3	5.95		m3/h

Fuente: Propia

El rendimiento obtenido en el vaciado de las vigas fue de 39 m<sup>3</sup>/día, CAPECO, establece un rendimiento diario de 20 m<sup>3</sup>/día, las condiciones de vaciado son diferentes; tanto por maquinarias y herramientas; como por personal empleado en la actividad. EL concreto usado fue premezclado.

Tabla 30: Desencofrado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Avanc.	und	Unit	Prom	Und
D	-	-	1	2	1	0.6	10.04	ml	16.7	15.23	ml/h
D	-	-	1	2	1	0.5	11.34	ml	22.7		ml/h

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Avanc.	und	Unit	Prom	Und
D	-	-	1	2	1	1.0	19.62	ml	19.6		ml/h
D	-	-	1	2	1	0.4	5.4	ml	13.5		ml/h
D	-	-	1	2	1	2.0	24	ml	12.0		ml/h
D	-	-	1	2	1	0.5	7.32	ml	14.6		ml/h
D	-	-	1	2	1	3.0	24.3	ml	8.1		ml/h
D	-	-	1	2	1	1.0	19.23	ml	19.2		ml/h
D	-	-	1	2	1	1.5	15.82	ml	10.5		ml/h

Fuente: Propia

Para el desencofrado se tiene un rendimiento de obra de 60 m<sup>2</sup>/día; el patrón da para vigas; un desencofrado de 36 m<sup>2</sup>; ese tuvo en cuenta la limpieza de la madera pero no el traslado; ya que fue reutilizado inmediatamente en la cisterna 02; sumado a que se usa un ayudante más frente a lo que propone CAPECO.

Tabla 31: Curado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Ofic	Ayud	Ce	horas	Avance	und	Unit	Prom	Und.
C	0.1	1	2	4	1	0.6	4.12	m3	9.8	9.09	m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.3	2.45	m3	8.1		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.7	4.96	m3	14.4		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.2	1.54	m3	4.4		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.6	5.10	m3	2.6		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.0	7.95	m3	16.3		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.6	3.30	m3	1.6		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	1.0	6.50	m3	18.1		m3/h
C	0.1	1	2	4	1	0.4	2.38	m3	6.5		m3/h

Fuente: Propia

El curado del concreto de las columnas fue realizado con una membrana química, producto de Chema; el rendimiento obtenido fue de 72.3 m<sup>2</sup>/día; en esta sección no existe parámetro con el cual se realizaría la comparación.

**e) LOSA MACISA**

Los datos recolectados en la zapata fueron disgregados en actividades secuenciales, como son la Habilitación de acero (Ah), la Colocación de Acero (AC), el vaciado del concreto (C) y el curado de la estructura de cimentación; en las tablas siguientes se presentan los resultados:

Tabla 32: Encofrado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	9.0	49.6	m2	1.9	2.2	m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	9.0	52.9	m2	2.0		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	9.0	49.7	m2	1.9		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	8.0	45.1	m2	1.9		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	8.0	49.6	m2	2.1		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	8.0	48.1	m2	2.1		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	9.0	46.8	m2	1.8		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	8.0	50.2	m2	2.1		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	3.0	9.0	44.5	m2	1.9		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	2.0	9.0	24.1	m2	1.4		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	2.0	8.0	25.3	m2	1.6		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	2.0	8.0	36.1	m2	2.3		m2/h
Ee	0.1	1.0	1.0	2.0	2.0	9.0	24.1	m2	1.3		m2/h

Fuente: Propia

El rendimiento obtenido en el encofrado de la losa de la cisterna fue de 17.6 m2/día, siendo este menor en un 17%, al planteado por CAPECO, pero sin el uso de dos ayudantes de más, con el aporte del recurso humano demás se debería obtener un avance mucho mayor, esto se ve mermado por el procedimiento para trabajos en altura, que tiene el cliente; esto se contrarresta con el uso de 3 cuadrillas para el encofrado de los 435 m2 de la cisterna 01; el trabajo se llevó a cabo por ejes; antes de realizar el encofrado se realizó el nivelado y compactado



general del terreno para poder estabilizar los puntales usados metálicos usados en obra; la madera que se utilizó en el encofrado fueron tablas de 10 pulgadas de ancho con espesores variables.

Tabla 33: Habilitación de acero Superior e inferior de enmallado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	hora	Avance	un	Unit	Prom	Und
As	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	8.0	1380.2	kg	57.5	54.38	kg/h
As	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	304.2	kg	50.7		kg/h
Ai	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	8.0	1523.2	kg	63.46	55.9	kg/h
Ai	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	281.0	kg	46.83		kg/h
As	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	8.0	1340.0	kg	55.83		kg/h
As	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	320.0	kg	53.5		kg/h
Ai	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	8.0	1340.0	kg	55		kg/h
Ai	0.1	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	350.0	kg	58.3		kg/h

Fuente: Propia

El rendimiento obtenido en la instalación del enmallado fue de 440 kg/día; por cada cuadrilla; calculado entre el promedio de la instalación del acero superior e inferior; siendo esto superior en un 90% mayor al estipulado por CAPECO, el mayor rendimiento se debe a el uso de mayor cantidad de personal en cada cuadrilla, y el proceso repetitivo de la instalación de la malla de acero; esta medición no incluye la habilitación de los separadores entre el acero superior e inferior, pero si su instalación.

Tabla 34: Concreto

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	hora	Avance	un	Ren	Ren	Un
C	0.1	2.0	3.0	5.0	1.0	12.0	76.4	m2	7.3	7.0	m3/h
C	0.1	2.0	3.0	5.0	1.0	2.0	14.8	m2	7.4		m3/h
C	0.1	2.0	3.0	5.0	1.0	11.0	67.5	m2	6.9		m3/h
C	0.1	2.0	3.0	5.0	1.0	2.0	12.7	m2	6.3		m3/h

Fuente: Propia

EL vaciado del concreto se realizó con la ayuda de camiones de concreto pre mezclado y bomba de concreto, similar a las que se vació las demás estructuras de la cisterna; se calculó un rendimiento de 56 m<sup>3</sup>/día; el trabajo se culminó en 12 horas con el cambio de cuadrilla necesario lográndose un rendimiento mayor en un 86.7% mayor al estipulado; en lo planteado se usa mayor cantidad de personal y mezcladora mecánica, a diferencia de lo que se usó en obra; el cual nos da un mayor rendimiento en obra.

Tabla 35.- Curado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	Und	Unit	Prom	Und
Curado	0.1	--	--	2.0	1.0	6.0	435.0	m2	72.5	68.4	m2/h
Curado	0.1	--	--	2.0	1.0	6.0	385.3	m2	64.2		m2/h

Fuente: Propia

EL curado fue realizado con la ayuda con agua y las típicas arroceras usadas en construcción teniéndose un rendimiento promedio de 545.3 m<sup>2</sup>/día; con la ayuda de 2 personas encargadas del trabajo; no existe un parámetro para comparar esta actividad.

Tabla 36: Desencofrado

T	Personal					Mediciones			Rendimiento		
	Cap	Op	Of	Ayu	Ce	Hora	Avance	un	Unit	Prom	Und
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	130.5	m2	8.15	8.65	m2/h
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	155.5	m2	9.7		m2/h
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	150.4	m2	9.4		m2/h
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	126.5	m2	7.9		m2/h
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	145.5	m2	9.1		m2/h
D	0.1	-	2.0	4.0	2.0	8.0	120.4	m2	7.55		m2/h

Fuente: Propia

EL rendimiento obtenido en el desencofrado de la losa fue de 70 m<sup>2</sup>/día; mayor al planteado por CAPECO, en un 360 %; esto debido a que el patrón, con el que se compara, plantea el uso de un oficial para el trabajo; en este caso se usó dos oficiales y cuatro ayudantes, para la actividad, si realizamos un equivalente tendríamos que se usó en cada cuadrilla 4 veces más personal que en el propuesto, lo cual da el rendimiento excedente en obra.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS – ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En el capítulo III vimos el diseño de las matrices para recopilación de datos, para luego procesar la información y obtener tablas con los rendimientos promedio por cada actividad específica especificando.

En este capítulo analizaremos los índices de productividad obtenidos en cada actividad por las zapatas, columnas, placas, vigas y losas; se mencionaran las condiciones en las que se desarrollaron y se iniciara la comparación con los índices de rendimiento que manejamos actualmente de acuerdo CAPECO.

### 4.1 ZAPATAS

Las zapatas, fueron disgregadas a cuatro acciones para su construcción como se puede ver en la tabla 36, se obtienen rendimientos mayores a los estipulados por CAPECO, hasta en un 120 % más, esto se debe a la forma de trabajo planteado, en el caso del acero lo más incidente en el rendimiento se debe al uso de herramientas para el corte de acero y el trabajo en un taller exclusivo para esa actividad, en el concreto por el uso de mixer para el vaciado del concreto.

Tabla 37: Rendimiento en zapatas

Actividad	Rendimiento en obra	Rendimiento de Capeco	%de variación
Habilitación de acero	440 kg/día	250 kg/día	+76%
Colocación de acero	640 kg/día	250 kg/día	+156%
Concreto	55 m3/día	25 m3/día	+120%
Curado	65 m2/día	-- m2/día	

Fuente: Propia

Las Condiciones en las cuales se desarrollaron las actividades fueron:

- Economía general: Gran demanda laboral, con crecimiento consecutivo
- Aspecto Laboral: Condiciones laborales a destajo, con personal que se conocen y tiene buenas relaciones; capacitado de alta experiencia; y adecuados implementos de seguridad.
- Clima: El estado del tiempo fue a una temperatura promedio de 21 °C, sin lluvias, adecuado nivel de humedad.
- Actividad: El grado de la actividad fue moderado, repetitivo, de riesgo menor y con mucha continuidad, producción de objetos similares.
- Equipamiento: Se disponía del equipo necesario, con adecuado mantenimiento (tronzadoras, mixer, bomba, canaletas para vaciado, vibradoras)
- Trabajador: los datos respecto a este punto de evaluación fueron limitados; el trabajador se presentó generalmente un buen ánimo de trabajo, con habilidades y condiciones físicas óptimas para la actividad.

## 4.2 COLUMNAS

En las columnas se observan rendimientos más dispares, se presenta rendimientos mayores y menores al de CAPECO (en comparación con la zapata que las cuatro actividades fueron de mayor rendimiento), como se observa el acero (mismas condiciones de trabajo que el acero de las zapatas) tiene mayores rendimientos a los de CAPECO; pero en la habilitación del encofrado se obtenemos un rendimiento menor al patrón de comparación, esto se debe a que los procedimientos de trabajo del cliente (trabajos en altura, y epps especiales para las labores encargadas como mascarillas, trajes para vaciado, instalación de andamios para más de 45 cm de altura), el mismo motivo que redujo considerablemente el rendimiento en el vaciado del concreto.

Tabla 38: Columnas

Actividad	Rendimiento en obra	Rendimiento de Capeco	% de variación
Habilitación de acero	310 kg/día	250 kg/día	+24%

Colocación de acero	460 kg/día	250 kg/día	+84%
Habilitación de encofrado	8.8 m2/día	40 m2/día	-78%
Encofrado	16 m2/día	10 m2/día	+60%
Vaciado de concreto	9.6 m3/día	10 m3/día	-4%
Desencofrado	20 m2/día	40 m2/día	-50%
Curado	65 m2/día	20 m3/día	

Fuente: Propia

Condiciones laborales:

- Economía general: Gran demanda laboral, con crecimiento consecutivo
- Aspecto Laboral: Condiciones laborales a destajo, con personal que se conocen y trabajan por primera vez (caso encofrado y desencofrado), tiene buenas relaciones intrapersonales; capacitado con experiencia; y adecuados implementos de seguridad.
- Clima: El estado del tiempo fue a una temperatura promedio de 20 °C, sin lluvias, adecuado nivel de humedad.
- Actividad: El grado de la actividad fue moderado- alto, de riesgo medio, producción de objetos variables.
- Equipamiento: Se disponía del equipo necesario, con adecuado mantenimiento (andamios, maquina circular para madera )
- Trabajador: los datos respecto a este punto de evaluación fueron limitados; el trabajador se presentó generalmente un buen ánimo de trabajo, con habilidades y condiciones físicas óptimas para la actividad.

### 4.3 PLACAS

En las placas, el desarrollo de la actividad fue casi en un 100 % dentro de campo, esto influyo considerablemente en la habilitación del acero en su cimentación y estructura superior, el encofrado se realizó con tablonces de 10", lo que bajo el rendimiento considerablemente, en comparación al uso de paneles armados, en el vaciado del concreto se obtuvo mejor desempeño por el uso de mixer y bomba

de concreto, como se observa, cuando el vaciado de concreto es en masa se tiene mucho mejor rendimiento con la bomba y el mixer de concreto.

El curado no tiene comparación con el parámetro usado, pero el uso de curador químico nos da mejores rendimientos y mejores resultados de obra.

Tabla 39: Placas

Actividad	Rendimiento en obra	Rendimiento de Capeco	% de variación
Acero en Zapatas	125 kg/día	250 kg/día	-50%
Acero en placas	158.4 kg/día	250 kg/día	-36.64%
Encofrado en placas	5.6 m <sup>2</sup> /día	12 m <sup>2</sup> /día	-53.3%
Concreto en Zapatas	63 m <sup>2</sup> /día	25 m <sup>2</sup> /día	+152%
Concreto en placas	22.5 m <sup>3</sup> /día	8 m <sup>3</sup> /día	+181%
Curado	120 m <sup>2</sup> /día	16 m <sup>2</sup> /día	

Fuente: Propia

Condiciones:

- Economía general: Gran demanda laboral, con crecimiento consecutivo
- Aspecto Laboral: Condiciones laborales a destajo, con personal que se conocen y trabajan por primera vez (caso encofrado y desencofrado), tiene buenas relaciones intrapersonales; capacitado con experiencia; y adecuados implementos de seguridad.
- Clima: El estado del tiempo fue a una temperatura promedio de 20 °C, sin lluvias, adecuado nivel de humedad.
- Actividad: El grado de la actividad fue moderado- alto, de riesgo medio, producción de objetos variables.
- Equipamiento: Se disponía del equipo necesario, con adecuado mantenimiento

- Trabajador: los datos respecto a este punto de evaluación fueron limitados; el trabajador se presentó generalmente un buen ánimo de trabajo, con habilidades y condiciones físicas óptimas para la actividad.

#### 4.4 VIGAS

El desarrollo en obra de las actividades para la construcción de las vigas, como se espera en la habilitación del acero se tiene rendimientos mayores, pero en la colocación se tiene un rendimiento menor, esto debido a los procedimientos de seguridad del cliente (trabajo en altura), en el encofrado se tiene rendimientos menores, ahí se presentan dos grandes causa, la primera los procedimientos de seguridad y el segundo se debe al suelo, no se tenían suelo firme, se tenía una capa de arcilla compactada, lo que obligo a instalar madera en la base de los puntales para evitar flexiones en el encofrado.

En el vaciado del concreto se obtiene un mayor rendimiento por el uso de mixer y bomba de concreto, y sobre todo el vaciado en conjunto con la losa maciza.

Tabla 40: Vigas

Actividad	Rendimiento en obra	Rendimiento de Capeco	% de variación
Habilitación de acero	350 kg/día	250 kg/día	+40%
Colocación de acero	190 kg/día	250 kg/día	-24%
Habilitación de encofrado	24.5 m2/día	40 m3/día	-38.75%
Encofrado	12 m2/día	9 m2/día	+33.33%
Vaciado de concreto	39 m3/día	20 m3/día	+95%
Desencofrado	60 m2/día	36 m2/día	+66%
Curado	75 m2/día	40 m3/día	

Fuente: Propia



#### Condiciones:

- Economía general: Gran demanda laboral, con crecimiento consecutivo
- Aspecto Laboral: Condiciones laborales a destajo, con personal que se conocen y trabajan por primera vez (caso encofrado y desencofrado), tiene buenas relaciones intrapersonales; capacitado con experiencia; y adecuados implementos de seguridad.
- Clima: El estado del tiempo fue a una temperatura promedio de 20 °C, sin lluvias, adecuado nivel de humedad.
- Actividad: El grado de la actividad fue moderado- alto, de riesgo medio, producción de objetos variables.
- Equipamiento: Se disponía del equipo necesario, con adecuado mantenimiento
- Trabajador: los datos respecto a este punto de evaluación fueron limitados; el trabajador se presentó generalmente un buen ánimo de trabajo, con habilidades y condiciones físicas óptimas para la actividad.

#### 4.5 LOSA

En vaciado de la losa tiene un mejor rendimiento en todas las actividades que la conforma, por las mismas condiciones que la viga (en acero, vaciado y curado), la diferencia radica en el encofrado, esto debido a que la losa tiene menos cortes de madera y ya se contaba con la base de soporte planteada para las vigas, esto aumento considerablemente el rendimiento.

Tabla 41: Losas

Actividad	Rendimiento en obra	Rendimiento de Capeco	% de variación
Habilitación e instalación de acero	440 kg/día	250 kg/día	+76%
Habilitación e instalación de encofrado	17.6 m2/día	15 m2/día	+17%
Vaciado de concreto	56 m3/día	20 m3/día	+180%
Desencofrado	40 m2/día	15 m2/día	+160%
Curado	270 m2/día	40 m3/día	

Fuente: Propia

Condiciones:

- Economía general: Gran demanda laboral, con crecimiento consecutivo
- Aspecto Laboral: Condiciones laborales a destajo, con personal que se conocen y trabajan por primera vez (caso encofrado y desencofrado), tiene buenas relaciones intrapersonales; capacitado con experiencia; y adecuados implementos de seguridad.
- Clima: El estado del tiempo fue a una temperatura promedio de 20 °C, sin lluvias, adecuado nivel de humedad.
- Actividad: El grado de la actividad fue moderado, de riesgo medio, producción de objetos similares (enmallado y encofrado).
- Equipamiento: Se disponía del equipo necesario, con adecuado mantenimiento
- Trabajador: los datos respecto a este punto de evaluación fueron limitados; el trabajador se presentó generalmente un buen ánimo de trabajo, con habilidades y condiciones físicas óptimas para la actividad.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

✓ De acuerdo a lo analizado las condiciones para un óptimo desarrollo de las actividades en la construcción que nos brindaran los más altos rendimientos deben presentar las siguientes condiciones:

#### Economía General

- El volumen de trabajo debe ser medio; esto brindaran al trabajador la tranquilidad de una estabilidad laboral
- La posibilidad de trabajo debe ser moderada; al existir demasiada demanda de obreros, con lleva al menor compromiso dentro de la obra por parte de los obreros, incurriendo en la facilidad de convertirse en un trabajador golondrino; por que sienta que tiene bastante oferta laboral
- La tendencia de los trabajos debe tener en general un crecimiento moderado.

#### Aspectos laborales:

- Tipo de contrato: a destajo por rendimiento.
- Cantidad de obreros sindicalizados: menos cantidad de trabajadores sindicalizados dan un mayor rendimiento.
- Incentivos: entregar incentivos al trabajador por buen rendimiento.
- Relaciones laborales: Que el personal se conozca de trabajos anteriores.

#### Clima:

Estado: el estado del tiempo debe ser templado en 19°C – 24°C

#### Equipamiento:

- Herramientas: Especializadas y ordenadas adecuadamente en almacén.
- Equipos: Tener en almacén el equipo necesario, correctamente almacenado y etiquetado.
- Mantenimiento: Siempre tener los equipos con mantenimiento preventivo.
- Elementos de protección: Epps y elementos de seguridad óptimos y en cantidades necesarias.

Trabajador:

- Estado de ánimo: Contento con su labor
- Habilidades: Optimas de acuerdo a su cargo y rango
- Conocimientos: Capacitado periódicamente
- Condiciones físicas: Optimas, sin convalecencia
- Ritmo de trabajo: Ritmo activo, con constante aprendizaje

Actividad:

- Urgencia: El trabajo debe realizarse con prisa pero no con urgencia, tener planificación para no tocar esa línea.
- Lugar de trabajo: El lugar de trabajo debe ser adecuado, superficie sólida y lisa, ambiente ordenado.
- Espacio: espacio de trabajo amplio.

✓ La repetitividad de una actividad aumenta el rendimiento en obra en un aproximado de 30%, esto debido a la independencia que se logra del oficial y el peón, necesitan menos indicaciones para culminar la actividad, presentándose esta sobre rendimiento generalmente al trabajar la habilitación del acero y encofrado

✓ EL trabajo en obra tiene menor rendimiento, en comparación al trabajo en un taller, debido a los procedimientos particulares de las empresas contratantes, es el caso de la empresa KIMBERLY CLARK, que tiene procedimientos de seguridad más rigurosos, que los estipulados en el reglamento peruano, esto hace que el trabajador (en su gran mayoría reacios al trabajo con elementos y procedimientos de seguridad) demore en adaptarse, motivo por el cual baja su producción en obra

✓ EL vaciado de concreto con mixer tiene un mejor rendimiento, un aproximado de 152 % mayor en promedio (en comparación al vaciado con mezcladora de concreto de 12 p3), esto tomando zapatas, placas, losas; cimientos y vigas de losas, pero en columnas el rendimiento es menor que el estipulado en un 9%; con lo cual concluimos que en los vaciados en masa (por encima de los 20 m<sup>3</sup> de concreto), tendremos mejores comportamientos en el rendimiento con mixers frente al vaciado con mezcladora, esto por ende nos dará menores costos de obra.

Cuando se realiza el trabajo en un taller, fuera de obra (como el caso de la obra que tomamos de análisis), el transporte, en las actividades como la instalación del encofrado o acero, juega un papel importante en el rendimiento, ya que dependiendo del volumen y el peso que se transporte, incidirá directamente en el rendimiento, en nuestro caso de análisis en promedio incide en un 20%, en comparación a que si no se trasladara los elementos a pie de la actividad.

✓ mayores rendimientos, en comparación a los que se analizaron en periodos mayores, con una variación en promedio de 7.5%, aquí vemos la incidencia por causa de la fatiga de la mano de obra, similar comportamiento vemos en los rendimientos en horas de la mañana y en la tarde, teniendo un pico de rendimiento a media mañana.

✓ EL rendimiento es mayor en general, en comparación al parámetro inicial (Rendimientos de CAPECO), esto se debe al avance en la tecnología de la construcción que brinda una mayor gama de herramientas manuales que facilitan la labor del trabajador (ejemplo de ello, las tronzadoras que facilitan el corte de acero, frente a la cizalla manual), y la mayor capacidad del personal de construcción, ya que al tener mayor cantidad de obras dentro del ámbito regional, hace que cada vez el personal tenga más experiencia de campo, el cual es incidente directamente en los rendimientos de obra.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ En el presente estudio del análisis del rendimiento de la mano de obra en la construcción de una cisterna de concreto armado, se contabilizaron datos de rendimientos seleccionados, es decir se computaron los rendimientos que obtuvieron menor cantidad de interferencias y condiciones similares, a las planteadas por el patrón de comparación vigente en nuestro país. Una posibilidad de continuación del estudio de los rendimientos de mano de obra sería la comparación del rendimiento en las mismas partidas pero en condiciones que se presenten, y en días diferentes; para evidenciar el comportamiento del rendimiento con las nuevas condiciones.
  
- ✓ Se recomienda realizar el análisis del rendimiento de obra en periodos más extensos (periodo de análisis de 8 horas), esto nos daría un enfoque más exacto del comportamiento en un línea del tiempo por día, del rendimiento analizar cómo afecta la fatiga de la mano de obra en el rendimiento final.
  
- ✓ Se recomienda actualizar la base de datos oficial que maneja el estado peruano, ya que debido a la tecnología y nuevos conocimientos en la industria de la construcción, los rendimientos tienen grandes variaciones. La base actualizada nos brindaría la posibilidad de evitar tanta fluctuación en los precios (como lo es actualmente, ejemplo de ello que el acero de refuerzo para el concreto tiene un precio 4.50 nuevos soles en un distrito de este de lima y llega a 6.5 en un distrito sur) , si bien es cierto cada obra tiene sus propias condiciones de desarrollo, tener un parámetro de comparación no acercara más a la realidad, y así poder tener mayor control, por parte de las entidades del estado, cuando se realicen los expedientes de sus proyectos.
  
- ✓ Se recomienda a las entidades del estado que cuando se realice una LICITACIÓN PUBLICA, dentro de los entregables, se debe incluir un cuadro de rendimientos reales del proyecto desarrollado, que sirvan como base de datos para proyectos similares en un futuro.

- ✓ El análisis de los rendimientos de la mano de obra, tiene un papel fundamental en el planeamiento y el estimado de costo de un proyecto, se recomienda realizar una base de datos de estructuras especiales, que nos puedan brindar información más acertada, principalmente en obras públicas, que perteneciendo a una misma entidad, como el estado Peruano, no se tiene una estandarización de los costos,
  
- ✓ Para obtener mayores rendimientos en obra se recomienda que la cuadrilla de trabajo está conformada por personal que haya trabajado en obras anteriores, ya que se verifico en el análisis que tienen hasta un 14% más de avance frente a una cuadrilla con personal que no tiene antecedentes de haber trabajado juntos.
  
- ✓ Se recomienda capacitar al personal en los procedimientos y reglamentos internos de cada Empresa, esto evitara tiempos muertos en obra, los cuales merman el rendimiento, en algunos casos en la obra en mención incidía en un 70% del rendimiento de obra.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Botero, Luis Fernando; Análisis de rendimientos y consumo de la mano de obra en actividades de construcción, Revista Universidades EAFIT N° 128, Colombia, 2002
2. Gulezian, R., & Samelian, F. Baseline Determination in Construction Labor. JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING, EEUU, 2003
3. Hewage, K., & Ruwanpura, J. Carpentry workers issues and efficiencies related. NRC Research Press Web, 2006
4. Page John S., Estimator's Equipment Installation Man Hour Manual. Editorial Elseiver Science & technology Books, EEUU, mayo de 1999
5. Ramos Salazar Jesús, Costos y Presupuestos en edificaciones. Cámara Peruana de la Construcción Lima, Diciembre del 2008.
6. Watson, Greg. The Legacy Of Ishikawa. Quality Progress; Texas, April 2004;