

**Análisis de los procesos constructivos en las actividades de chorro, encofrado y desencofrado de muros y columnas en el proyecto QBO Skyhomes de la empresa H Solís.**



# Abstract

The issue of productivity in construction in Costa Rica has been in progress over time but still lack knowledge about it. It is worth mentioning that not only sufficient for a process to be executed quickly, since it must have a comprehensive balance between runtimes and quality of the final product to achieve benefits both economy and on time.

This project has as principal objective the analysis and improvement of the construction process of placing concrete in walls and columns and the placing and the removing of formwork in the same elements, in the QBO Skyhomes project of the construction company H Solís.

To achieve evaluating the productivity they were used the method of Work Sampling and Crew Balance making thirty-six samples. Although

To assess productivity, methods like "Work Sampling" and "Crew Balance" were used, making a total of 36 samples. Besides obtaining yields of the processes, took place an improvement proposal developed based on negative factors found and process control templates such as: concrete placing, placing and removing formwork, in walls and columns.

Among the most striking findings was the determination of, what factors were affecting the productivity and performance of the activities studied, such as delays in concrete arrivals, inadequate size of crew, problems with crane time planning and lack of a lift for loading of materials and people within the project.

Control templates proposed were assessed for a period of one week in removing formwork, in which assessed the quality of the walls that had been worked. Thus it was concluded broadly that the walls had been evaluated with an "Optimal criteria".

**Keywords:** Productivity, Crew Balance, Work Sampling, Performance, Control Templates

# Resumen

El tema de la productividad en la construcción en Costa Rica ha venido en avance con el tiempo pero todavía falta conocimiento sobre el mismo. Cabe mencionar que no solo basta que un proceso sea ejecutado de manera rápida y en forma eficiente sino que además precisa ser eficaz, ya que el mismo debe de contar con un balance integral entre los tiempos de ejecución y la calidad del producto final para lograr beneficios tanto en economía así como en tiempo.

Este proyecto tiene como objetivo principal el análisis y mejoramiento de los procesos constructivos de las actividades de chorro de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos en el proyecto QBO Skyhomes de la empresa constructora H Solís.

Para evaluar la productividad se utilizaron los métodos del Work Sampling y Crew Balance realizando en total de 36 muestreos. Además se realizó la obtención de rendimientos de los procesos, una propuesta de mejora desarrollada con base en los factores negativos encontrados y hojas de control de calidad para valorar los procesos estudiados.

Entre las conclusiones más sobresalientes está la identificación de los factores que estaban afectando la productividad y rendimientos de las actividades estudiadas, tales como atrasos en llegadas del concreto, inadecuado tamaño de cuadrillas, problemas con planificación de tiempos de grúa y falta de un ascensor para carga de materiales y personas dentro del proyecto.

Aunado a lo anterior, por un periodo de una semana se logró evaluar la calidad de algunos muros que ya habían sido chorreados concluyendo a grandes rasgos que los muros evaluados contaban con una calificación "Óptima".

**Palabras clave:** Productividad, Crew Balance, Work Sampling, Rendimientos, Hojas de Control.

# **Análisis de los procesos constructivos en las actividades de chorrea, encofrado y desencofrado de muros y columnas en el proyecto QBO Skyhomes de la empresa H Solís**

VIRGINIA QUIRÓS ROBLES

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

<b>PREFACIO.....</b>	<b>1</b>	DIAGRAMAS DE CAJA O BOX	
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>2</b>	PLOT.....	15
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>	CONTROL DE CALIDAD.....	16
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO QBO		<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
SKYHOMES.....	3	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
OBJETIVOS.....	4	CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS.....	27
OBJETIVO GENERAL.....	4	PRODUCTIVIDAD.....	31
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4	TORRE NORTE: MAESTRO DE OBRAS	
<b>ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>5</b>	DOUGLAS.....	31
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>	TORRE SUR: MAESTRO DE OBRAS	
GENERALIDADES.....	6	JOEL.....	39
CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS.....	6	TORRE SUR: MAESTRO DE OBRAS	
CONCRETO.....	6	FERMÍN.....	46
CHORREA CON TELESCÓPICA.....	6	PRODUCTIVIDAD GENERAL DEL	
CHORREA CON BALDE Y GRÚA.....	6	PROYECTO QBO EN LA ACTIVIDAD DE	
CHORREA CON PLACING BOOM.....	7	CHORREA DE MUROS Y	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE		COLUMNAS.....	55
MUROS Y COLUMNAS.....	7	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE	
PANELES.....	7	MUROS Y COLUMNAS.....	58
ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS		PRODUCTIVIDAD.....	61
SISTEMA FARE SIN.....	8	TORRE NORTE: MAESTRO DE OBRAS	
PRODUCTIVIDAD EN LA		DOUGLAS.....	62
CONSTRUCCIÓN.....	10	TORRE SUR: MAESTRO DE OBRAS	
FACTORES QUE AFECTAN LA		JOEL.....	69
PRODUCTIVIDAD EN LA		TORRE SUR: MAESTRO DE OBRAS	
CONSTRUCCIÓN.....	10	FERMÍN.....	76
DIAGRAMAS DE FLUJO.....	11	PRODUCTIVIDAD GENERAL DEL	
MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD.....	12	PROYECTO QBO EN LA ACTIVIDAD DE	
WORK SAMPLING.....	13	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE	
CREW BALANCE.....	13	MUROS Y COLUMNAS.....	85
RENDIMIENTOS.....	14	RENDIMIENTOS.....	87
PROCESO ESTADÍSTICO.....	15	CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS....	87
RENDIMIENTO REAL.....	15	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE	
ANÁLISIS GRÁFICO.....	15	MUROS Y COLUMNAS.....	98
R.....	15	CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS CON	
DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.....	15	PLACING BOOM.....	112
		PROPUESTA DE MEJORA.....	113

HOJAS DE CONTROL DE	CHORREA DE MUROS Y
ACTIVIDADES.....115	COLUMNAS.....124
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....119</b>	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE
ENCUESTA.....119	MUROS Y COLUMNAS.....126
ACTIVIDADES DEL PROYECTO.....120	PROPUESTA DE MEJORA.....128
PRODUCTIVIDAD.....121	HOJAS DE CONTROL.....128
CHORREA DE MUROS Y	<b>APÉNDICES.....131</b>
COLUMNAS.....121	<b>ANEXOS.....186</b>
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE	<b>REFERENCIAS.....189</b>
MUROS Y COLUMNAS.....122	
RENDIMIENTOS.....124	

# Prefacio

La demanda de proyectos de inmobiliaria en Costa Rica ha venido en aumento año tras año, razón por la cual el factor competitividad entre las empresas constructoras emergentes y las consolidadas en la industria, juega un papel fundamental para lograr mejoras en los parámetros de productividad y rendimientos de cada uno de los procesos constructivos de un determinado proyecto; mejorando así los tiempos y costos de ejecución.

Existen un sinnúmero de factores que influyen en los tiempos con que son realizadas las diferentes actividades constructivas. Si se mide la productividad, se está midiendo como es utilizado ese tiempo por una determinada cuadrilla. El mismo puede ser productivo, no productivo o contributivo. Si predomina el tiempo no productivo o contributivo, se ven reflejados atrasos que conllevan impactos económicos en el proyecto.

Mediante este proyecto, la empresa HSólis pudo obtener un análisis de rendimiento y productividades en las actividades de chorro de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos; evaluado específicamente en el proyecto Q-BO Skyhomes ubicado en Rohrmoser. Con base en este análisis, la empresa pudo conocer una serie de factores que estaban afectando directa e indirectamente en las actividades en estudio. Además se les brindó una serie de recomendaciones las cuales algunas de ellas fueron siendo implementadas conforme se avanzó con el proyecto y otras que se consideran que pueden ser de gran utilidad para futuros proyectos de la empresa.

El objetivo principal planteado para el desarrollo del proyecto fue analizar y mejorar los procesos constructivos de las actividades de chorro de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos.

Se extiende el agradecimiento primeramente a Dios por permitirme y ayudarme a

luchar por cada uno de mis sueños, entre ellos lograr llegar triunfante a este punto a pesar de las dificultades del camino.

Segundo, agradezco a mis dos pilares fundamentales, mis papás María del Carmen y Carlos; que gracias a ellos estoy donde estoy y soy quien soy. Por enseñarme que por más difícil que sea el camino, siempre hay una forma de salir triunfante con humildad. Gracias también a mis hermanos, Natalia y Carlos por protegerme y brindarme guía. A Andrés, por siempre estar a mi lado dándome soporte en los momentos difíciles y ayudándome a salir victoriosa de ellos.

A los ingenieros, arquitectos y maestros de obras presentes en el proyecto Q-BO Skyhomes los cuales de alguna u otra forma me ayudaron a lo largo de este proceso, en especial a los ingenieros Rodrigo Garzona S. y Rafael Camacho M.

Por último, a los profesores del Tecnológico de Costa Rica, que me formaron durante los años de carrera, en especial a la Ing. Ana Grettel Leandro por todo el apoyo brindado como tutora de este proyecto, además por sus consejos y guía. Igualmente a mis futuros colegas Andrés Calderón, Gregory González y el ya Ingeniero Eduardo Alfaro, gracias por brindarme el placer de caminar este trayecto juntos y por todas las enseñanzas que de la mano atravesamos por nuestra meta en común, ser Ingenieros en Construcción.

# Resumen ejecutivo

La empresa constructora H Solís se encuentra incursionando en la construcción de proyectos de inmobiliaria tanto vertical como horizontal, por lo tanto el análisis y mejoramiento de los procesos es un tema nuevo en sus edificaciones. La empresa eligió que se estudiaran las actividades de chorrea de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos ya que esos procesos son realizados por personal propio de la empresa.

El presente proyecto busca analizar y mejorar los procesos constructivos de las actividades antes mencionadas. El análisis de productividad y rendimientos es un proceso esencial que debe ser realizado si se quiere lograr mejoras en tiempos y costos de un proyecto.

Al inicio de las mediciones en campo el proyecto se encontraba aproximadamente en porcentaje completado de obra gris en cada una de sus 3 torres (Torre norte, Torre sur y Torre Parqueos) en: 59,00%, 41,00% y 88,00%, respectivamente. Como Torre parqueos ya se encontraba bastante avanzado en obra gris, se concentró el análisis a las otras dos torres.

El lapso de tiempo de mediciones en campo para obtener rendimientos y productividades fue de aproximadamente 3 meses. Los métodos utilizados para la elaboración de formularios para la toma de datos fueron Crew Balance y Work Sampling. Se ejecutaron mediante esos dos métodos para obtener un indicativo del tiempo utilizado por cada miembro de la cuadrilla en las diferentes actividades (Crew Balance) así como los porcentajes tanto globales como individuales que la cuadrilla utilizó en tareas productivas, no productivas y contributivas. Para los rendimientos se obtuvo un rendimiento medio por actividad al cuál se le aplicó un factor de incremento que toma en cuenta el tiempo gastado en otras actividades (idas al baño, tiempos de comida, etc). Posterior a la obtención de los datos se realiza un análisis estadístico por medio de gráficas estadísticas.

Aunado a lo anterior, durante ese mismo periodo de mediciones, se ejecutaron encuestas a los trabajadores y maestros de obras sobre temas relacionados a posibles bajas en la productividad en la construcción. Con ellos más la observación de los procesos en campo, se realizó un análisis de cuáles pueden ser los posibles factores que están afectando negativamente el proceso o actividad en estudio mediante el uso de diagramas Ishikawa.

Para representar de mejor manera los procesos que deben de seguir las actividades para ser ejecutadas se realizaron diagramas de flujo así como cuadros de recursos (materiales, humanos y de herramientas) necesarios para poder ser desarrolladas. Mediante lo anterior se puede observar las diferencias en recursos humanos utilizados en una misma tarea pero por maestros de obra diferentes.

Finalmente se determinó que los factores que están causando deficiencia en los procesos estudiados, son a grandes rasgos atrasos en llegadas del concreto, inadecuado tamaño de cuadrillas, problemas con planificación de tiempos de grúa, falta de un ascensor para carga de materiales y personas dentro del proyecto, chorreas en horas extras, entre otras. Para cada uno de estos factores se realizó una propuesta de mejora para que sea utilizada por la empresa en futuros proyectos y que por lo tanto se eleven los niveles de productividad a los valores deseados.

Además para la evaluación de la calidad se realizaron hojas de control de las actividades en estudio así como una hoja para cálculo y control de rendimientos. Se evaluó el desencofrado de muros por durante 1 semana y con base en la cantidad de respuestas afirmativas obtenidas en cada una de las evaluaciones realizadas, se determinó que la calidad que los muros desencofrados poseían era óptima según la escala de evaluación utilizada: "Óptimo", "Regular" y "Deficiente".

# Introducción

La empresa H Solís debutó en el mercado hace más de 50 años gracias a su fundador Hernán Solís, posicionándose rápidamente entre las principales empresas constructoras del país gracias a sus más de 1000 obras de infraestructura realizadas, atendiendo necesidades tanto en el ámbito público como privado.

La empresa constructora se encuentra actualmente fraccionada en tres grupos enfocados en: infraestructura, inmobiliaria y energía. El objetivo principal de H Solís Infraestructura es la construcción, mantenimiento y conservación de obras de infraestructura en el país, realizando proyectos desde reparación de alcantarillas hasta la construcción de puentes, viaductos y carreteras.

Por otra parte, H Solís Energía se enfoca en la búsqueda de fuentes renovables de energía, encontrándose en proyectos enfocados en la generación energética hidráulica y eólica.

Recientemente la empresa incursionó además en la construcción de obras de inmobiliaria, estando a cargo de proyectos ubicados en Alajuela, Heredia y Rohrmoser, este último hospedando el proyecto llamado Q-BO Skyhomes.

Cabe mencionar que además de los enfoque mencionados anteriormente, H Solís posee 3 centros de producción a lo largo del país, los cuales poseen una constante producción de asfalto, concreto y agregados.

## Descripción del proyecto QBO Skyhomes

La construcción del proyecto QBO Skyhomes inició con los movimientos de tierra en la primera quincena de julio del 2015 con un presupuesto inicial de 38 millones de dólares. El edificio, el cual

posee 47000 m<sup>2</sup> de construcción, se encuentra dividido en 3 torres: torre norte, torre sur y torre de parqueos. El mismo es un condominio vertical de 20 pisos que cuenta con 2 niveles de sótano, piscina, 294 apartamentos y 1 nivel destinado para locales comerciales y amenidades.

Su ubicación es frente al Parque del Cuafé en Rohrmoser; la misma se detalla a continuación:



**Figura 1.** Ubicación del proyecto QBO.  
Fuente: Google Maps.

En el siguiente cuadro se muestra la distribución por niveles de las torres norte y sur, así como la altura de estos:

<b>CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN POR PLANTAS DEL PROYECTO</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Uso</b>	<b>Altura (m)</b>
Sótano 2	Parqueos	-7,80
Sótano 1	Parqueos	-3,15
Nivel 1	Locales comerciales, amenidades.	0,00
Nivel 2	Apartamentos y piscina en Torre Norte.	3,15
Nivel 3	Apartamentos.	6,30
Nivel 4	Apartamentos.	9,45
Nivel 5	Apartamentos.	12,60
Nivel 6	Apartamentos.	15,75
Nivel 7	Apartamentos.	18,90
Nivel 8	Apartamentos.	22,05
Nivel 9	Apartamentos.	25,20
Nivel 10	Apartamentos.	28,35
Nivel 11	Apartamentos.	31,50
Nivel 12	Apartamentos.	34,65
Nivel 13	Apartamentos.	37,80
Nivel 14	Apartamentos.	40,95
Nivel 15	Apartamentos.	44,10
Nivel 16	Apartamentos.	47,25
Nivel 17	Apartamentos.	50,40
Nivel 18	Apartamentos.	53,55
Nivel 19	Penthouses, apartamentos.	56,70
Nivel 20	Penthouses, apartamentos.	60,85
Techo	-	65,00

Como el proyecto posee 3 diferentes torres, Torre Norte cuenta con un maestro de obras y Torre Sur cuenta con 2 maestros de obras ya que posee más metros cuadrados de

construcción. Douglas Gutiérrez, el maestro de obras de Torre Norte, está a cargo de 47 trabajadores. Torre Sur cuenta con un total de 96 trabajadores, 54 a cargo del maestro de obras Fermín Torres y 42 trabajadores a cargo de Joel Gómez.

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar y mejorar los procesos constructivos de las actividades de chorro de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos; en el proyecto QBO Skyhomes de la empresa constructora H Solís.

### Objetivos específicos

1. Determinar los factores que afectan negativamente los rendimientos y productividades de los procesos seleccionados.
2. Estimar rendimientos y productividades en las actividades de chorro de muros, columnas y en el encofrado y desencofrado de los mismos elementos.
3. Categorizar en tiempos productivos, no productivos y contributivos, los resultados obtenidos en la estimación de productividad de las actividades a analizar.
4. Realizar propuestas de mejora a los procesos observados.
5. Establecer hojas de control de las actividades mencionadas.

# Alcances y limitaciones

- Instalación tardía del sistema de correa Placing Boom, por lo tanto no se pudo evaluar productividad y sólo se pudo realizar un muestreo de rendimiento.
- No hubo distinción entre columnas y muros para cuestiones de determinaciones de productividad y rendimientos en las actividades, esto debido a que los elementos eran diseñados como uno solo, muro en el centro y las columnas a los lados con mayor cantidad de refuerzo.
- Al estar la empresa incursionando en la construcción de proyectos de inmobiliaria, no

se poseía documentación de productividades o rendimientos evaluados en proyectos antiguos.

- Se brinda propuesta de mejora a la empresa sin tener certeza si realmente va a ser aplicada en un futuro.
- Limitación para grabaciones de videos de chorreas ya que algunas eran realizadas en horas después de la jornada laboral y en ocasiones con lluvias excesivas.

# Marco teórico

## Generalidades

Las actividades a evaluar en la futura torre de apartamentos QBO Skyhomes son chorrea de muros y columnas así como el encofrado y desencofrado de los mismos elementos. A continuación se dará una breve explicación sobre los sistemas constructivos empleados por la empresa H Solís en dichas actividades.

## Chorrea de muros y columnas

### Concreto

El concreto utilizado en la chorrea de muros y columnas fue suministrado por la empresa CEMEX. En el cuadro 2 se puede observar la resistencia a la compresión utilizada según el avance en altura del edificio.

CUADRO 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UTILIZADA EN CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS	
Elemento	Resistencia
Muros y columnas del nivel -6,30 m al +6,30 m	560 kg/cm <sup>2</sup>
Muros y columnas del nivel +6,30 m al +22,05 m	420 kg/cm <sup>2</sup>
Muros y columnas del nivel +22,05 m al +37,08 m	350 kg/cm <sup>2</sup>
Muros y columnas del nivel +37,08 m al +63,00 m	280 kg/cm <sup>2</sup>

Cabe mencionar que el concreto empleado no contenía ningún tipo de retardante por pedido especial de la empresa, únicamente retardante de fragua agregado por CEMEX para los viajes de las chompipas.

## Chorrea con telescópica

En el caso de Torre Sur desde el nivel 0,00m hasta el nivel 25,20m se realizó chorrea con telescópica. Este es un sistema de chorrea en el cual el concreto es bombeado desde la ubicación de la chompipa hasta el lugar de descarga, como se puede observar en la figura 2.

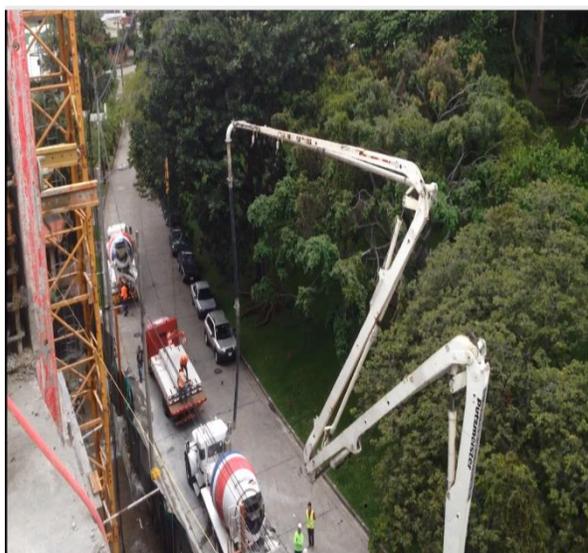


Figura 2. Bomba telescópica utilizada en el proyecto.

## Chorrea con balde y grúa

Debido a la ubicación de Torre Norte dentro del proyecto, todas las chorreas de muros y columnas fueron realizadas mediante el uso de balde y grúa; esto debido al peligro de un posible contacto de la bomba telescópica con los cables de alta tensión. En Torre Sur, se empezó a utilizar este método a partir del nivel 25,20 m por cuestión de altura.

El balde utilizado en las chorreas posee capacidad de 1 m<sup>3</sup> como se puede observar en la figura 3.



**Figura 3.** Balde de 1 m<sup>3</sup> utilizado en el proyecto.

## Chorrea con Placing Boom

La empresa adquirió un nuevo sistema hidráulico de bombeo de concreto para chorreas llamado Placing Boom. El mismo es de marca Sany y fue importado de China.

El sistema se instaló tanto en Torre Norte como Torre Sur. Posee un brazo mecánico que permite la realización de chorreas en un radio de 35,20 m y con una rotación de 365°. El modelo adquirido fue HGD36 y el mismo posee un sistema integral mecánico, eléctrico e hidráulico. En la figura 4 se puede visualizar el modelo adquirido por la empresa.



**Figura 4.** Placing Boom modelo HGD36.  
Fuente: Especificaciones HGD36 (SANY, 2016)

## Encofrado y desencofrado de muros y columnas

El sistema utilizado para el encofrado y desencofrado de muros y columnas es un sistema de formaleta llamado Faresin. Está compuesto por cada uno de los siguientes elementos:

### Paneles

Se encuentran fabricados de acero y son de 10 cm de grosor. Sus paredes están fabricadas para soportar una presión máxima de 60/80 kN/m<sup>2</sup>. Según el catálogo de productos Faresin (s.f), se cuenta con una amplia variedad de anchos en sus paneles, ofreciendo medidas como (alturaxanchoxgrosor):

- 2,70x0,90x0,10 (ver figura 5)
- 2,70x0,70x0,10
- 2,70x0,60x0,10
- 2,70x0,55x0,10
- 2,70x0,50x0,10
- 2,70x0,45x0,10
- 2,70x0,40x0,10
- 2,70x0,30x0,10
- 2,70x0,25x0,10
- 2,70x0,20x0,10



**Figura 5.** Panel de 2,70x0, 90x0, 10 (figura con fines ilustrativos)

Además de las medidas de los paneles mostrados anteriormente, el sistema cuenta con esquineros tanto externos como internos, como se muestra a continuación:

→ Esquinero externo: posee medidas de 2,70x0,10x0,10.



**Figura 6.** Esquinero externo sistema Faresin.

→ Esquinero interno: posee medidas de 2,70x0,30x0,10 y sirve para ángulos internos de 90°.



**Figura 7.** Esquinero interno sistema Faresin.  
Fuente: Catálogo de productos FARESIN (FARESIN)

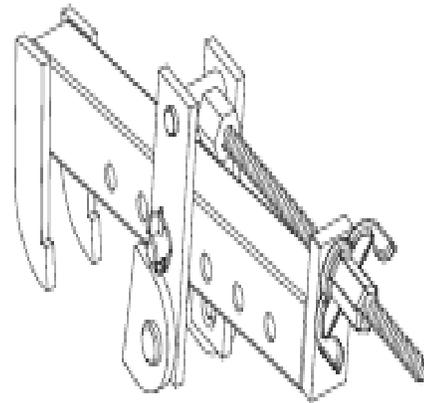
## Elementos complementarios sistema Faresin

→ Prensas (mordaza de alineación): su función es la unión de dos paneles.



**Figura 8.** Mordaza de alineación sistema Faresin.

→ Mordaza universal: su función es la unión de dos paneles para lograr ángulo de 90°.



**Figura 9.** Mordaza universal sistema Faresin.  
Fuente: Catálogo de productos FARESIN (FARESIN)

→ Mariposas (tuercas): su función principal es la de unir los rod ties de un lado a otro además de brindar ajuste para evitar que se abra la formaleta al momento de la chorrea de concreto.



**Figura 10.** Tuercas sistema Faresin.

→ Tensoras: su función principal es brindar verticalidad al elemento.



**Figura 11.** Tensoras sistema Faresin.

→ Clavijas: accesorio de unión.



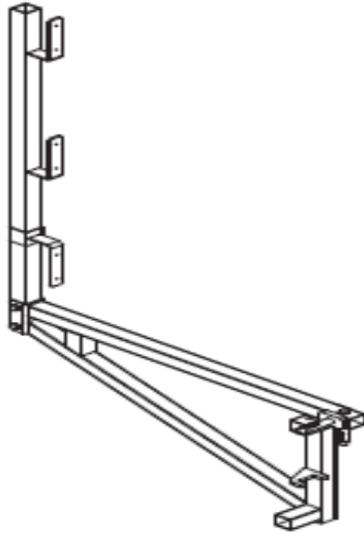
**Figura 12.** Clavijas sistema Faresin.

→ Pasador: accesorio de unión.



**Figura 13.** Pasador sistema Faresin.

→ Andamio palometa: sistema que brinda soporte a la cuadrilla al momento de la chorrea. Posee además una baranda que va de lado a lado.



**Figura 14.** Andamio palometa sistema Faresin.  
Fuente: Catálogo de productos FARESIN (FARESIN)

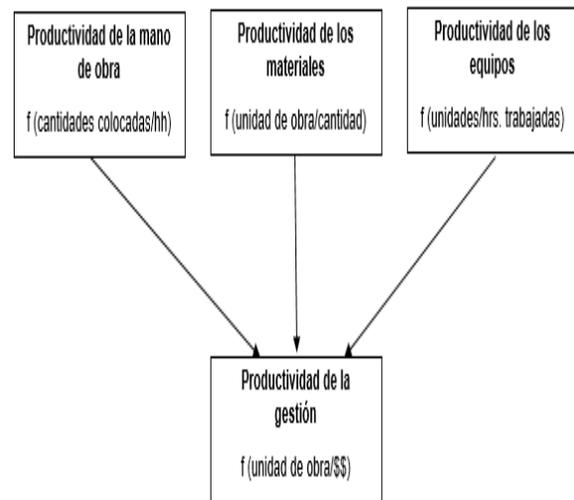
## Productividad en la construcción

Uno de los factores fundamentales en la administración de un proyecto constructivo es la eficiencia con la cual son realizados los procesos. Obteniendo un balance integral entre dicha eficiencia y la calidad del proceso, se puede conseguir logros significativos en materia de costos y tiempos constructivos. La productividad es un tema extenso que evalúa lo mencionado anteriormente, de ahí radica la importancia de su aplicación.

Las empresas constructoras de nuestro país cada vez se muestran más interesadas en evaluar la forma con la cual están siendo realizados los procesos y actualmente se cuenta con diversas formas de mejorarlos. A pesar de esto, nuestro país posee indicadores que demuestran que existe mucho por mejorar. Uno de los indicadores más relevantes es que en Costa Rica se utiliza actualmente al menos 4 veces más mano de obra para construir una vivienda que en países desarrollados como Estados Unidos y Australia. Prácticas como la evaluación de la cantidad de trabajadores necesarios para realizar una actividad o métodos constructivos diferentes podrían ser influyentes en este factor. Cuando se habla de productividad evaluada en la construcción se refiere a la eficiencia con la cual

están siendo utilizados los recursos en una determinada tarea en un lapso de tiempo, sin dejar de lado la efectividad del proceso. Se puede llegar a pensar erróneamente que un proceso posee una productividad alta si el mismo fue ejecutado en el menor lapso posible, pero muchas veces no se están cumpliendo con los estándares de calidad. Por lo tanto, para lograr obtener una productividad alta se debe de llevar de la mano una alta eficiencia y una alta efectividad.

La productividad puede ser evaluada en varios elementos contribuyentes de un determinado proceso. Según Serpell (2002) se puede hablar entonces de productividad de: materiales, mano de obra, maquinaria, herramientas y equipos, como se puede observar en la figura 15.



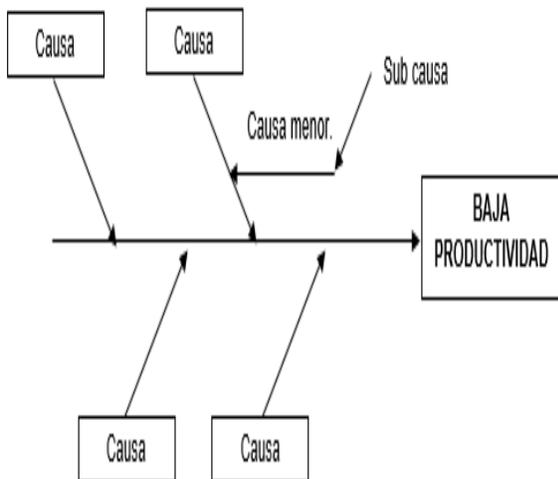
**Figura 15.** Productividad en la construcción.  
Fuente: Administración de operaciones de construcción (Serpell, 2002)

## Factores que afectan la productividad en la construcción

Al evaluar la productividad entra en juego un sinnúmero de factores que influyen en ella tanto positiva como negativamente. Determinar esos factores es fundamental para establecer cómo poder actuar sobre los que están disminuyendo la productividad y a su vez realzar aquellos que enriquecen la misma. Métodos como la medición de productividad mediante sistemas establecidos, observaciones en campo, entrevistas y cuestionarios son algunas de las herramientas para definir las raíces del problema.

“Los cuestionarios se usan para un análisis primario de la situación. Su propósito básico es ayudar en la definición de las áreas problema, indicando sus características y límites” (Serpell, 2002, p169). Con ella se pueden determinar factores base que pueden estar ocasionando problemas en el desempeño de los trabajadores tales como desmotivación o problemas a nivel administrativo.

Al tener una visión más clara o certera de las causas que están ocasionando baja productividad en el proceso de análisis se puede representar las mismas mediante un diagrama causa-efecto como lo es el Ishikawa (diagrama de espaldas de pescado). Su principal ventaja es la claridad de información que el mismo ofrece, ya que se encuentra dividido en causas, las mismas se dividen en causas menores las cuales a su vez pueden contener sub causas si así se necesitase expresar (ver figura 16).



**Figura 16.** Diagrama Ishikawa.  
Fuente: elaboración propia.

Existen una serie de factores que inciden reiteradamente de forma negativa en la productividad en proyectos de construcción. Según Botero & Álvarez (2004) alguno de ellos son:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Alta rotación de trabajadores.

- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Distribución inadecuada de los materiales en la obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y materiales.
- Clima y condiciones adversas en la obra.

## Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son herramientas de gran utilidad con los cuales se pueden representar de manera gráfica la secuencia con la cual se realiza un determinado proceso. Ese proceso es representado mediante símbolos los cuales se conectan por medio de flechas que según su dirección indican la secuencia de la operación (Mideplan, 2009).

Entre sus principales contribuciones al desarrollo de una mejor gestión institucional según Mideplan (2009), están las siguientes:

- El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos, por lo tanto al ser un sistema gráfico de un proceso se favorece la comprensión del mismo.
- Facilita al lector el análisis de los procedimientos, ya que se muestra gráficamente quién proporciona insumos o recursos y a quién van dirigidos.
- Pueden funcionar como herramientas visuales para capacitar a nuevos funcionarios.

Como se mencionó con anterioridad, un diagrama de flujo se encuentra compuesto por figuras, cada una de ellas con un significado o función dentro del diagrama. Existen diversas organizaciones que han desarrollado simbologías diferentes para la realización de diagramas de flujos, uno de ellos es el American National Standard Institute (ANSI). En el cuadro 3, se puede observar la simbología con su respectivo significado propuesto por el ANSI.

CUADRO 3. SIMBOLOGÍA ANSI		
Símbolo	Significado	Función
	Inicio/Fin	Inicio o fin del diagrama de flujo.
	Operación/Actividad	Realización de una operación o actividad relativas a un proceso.
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Salida o entrada de datos.
	Almacenamiento/Archivo	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando e orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Conector	Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	Conector de página	Representa la continuidad del diagrama en otra página.

Fuente: Mideplan (2009).

## Medición de la productividad

Toda tarea o actividad se encuentra compuesta por 3 tipos de trabajos: trabajo no productivo o no

contributivo, trabajo productivo y trabajo contributivo. El porcentaje de tiempo que los miembros de una cuadrilla dediquen a cada uno de esas categorías de trabajo determina si el trabajo está dentro de los rangos óptimos de productividad en la construcción.

Trabajo contributivo se refiere a todo aquel trabajado de apoyo, refiriéndose con apoyo a todo aquel trabajo que debe ser realizado para poder realizar la tarea principal, como por ejemplo recibir instrucciones o el transporte de material. Trabajo productivo es todo aquel que contribuye directamente a la producción de la tarea realizada. Por último el trabajo no productivo, como su nombre lo indica es aquél que no está contribuyendo de ninguna forma en el avance de la actividad realizada (Serpell, 2002).

Según Serpell (2002), los rangos idóneos en los cuales se debe de encontrar la clasificación de trabajo antes dada, se observa en la figura 17.



**Figura 17.** Rangos de porcentajes idóneo para TP, TNP y TC. Fuente: Administración de operaciones de construcción (Serpell, 2002).

De igual forma, Botero & Álvarez (2004) muestran valores de productividad pero enfocado directamente a el país de Chile (ver cuadro 4). Desfavorablemente Costa Rica no posee indicadores de productividad en la construcción, por lo tanto se tomarán para análisis las dos referencias mencionadas anteriormente.

CUADRO 4. VALORES DE PRODUCTIVIDAD ÓPTIMO Y NORMAL SEGÚN ESTUDIO REALIZADO EN CHILE			
Categoría	TP	TC	TNP
Óptimo	60,00%	25,00%	15,00%
Normal	55,00%	25,00%	20,00%

Fuente: Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción (Botero & Álvarez, 2004)

## Work Sampling

Work Sampling es un método de medición de productividad de cuadrillas mediante el muestreo y observaciones en campo. Básicamente se trata de realizar observaciones por un periodo limitado de tiempo y con base en dicha observación inferir los porcentajes de productividad de una determinada cuadrilla (Dozzi & AbouRizk, 1993).

Cabe mencionar que se debe de tomar en cuenta que para que la medición sea un poco más certera y cercana a la realidad, se debe de cumplir con un mínimo de 385 mediciones logrando con ello un 95% de grado de confianza.<sup>1</sup>

Según Dozzi & AbouRizk (1993) para poder realizar el análisis de productividad en una actividad en específico, se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- 1) Primeramente se realiza una clasificación de las tareas que componen la actividad a analizar en: trabajo productivo, trabajo contributivo y no productivo.
- 2) Realizar un formulario de toma de datos. El mismo debe contener datos relevantes del día de medición como lo es el clima y la hora a la que se está realizando el muestreo. Segundo se debe de tener un espacio destinado a la anotación de la cantidad de miembros de la cuadrilla realizando TP, TNP y TC. Por último debe incluir el intervalo de tiempo con el que están siendo realizadas las mediciones. En la figura 18 se puede observar un ejemplo de formulario utilizado para Work Sampling.
- 3) Tomar observaciones aleatorias en campo. Como se mencionó en el punto anterior cada observación debe de indicar el tipo de trabajo realizado por cada trabajador.
- 4) Al cumplir con el mínimo de 385 mediciones, realizar una sumatoria del total de datos en cada columna del formulario con tal de obtener los porcentajes destinados a TP, TNP y TC.

<sup>1</sup> Leandro, A.G. (2016). Notas Del curso Diseño de Procesos Constructivos. Tecnológico de Costa Rica.

### Work Sampling Sheet

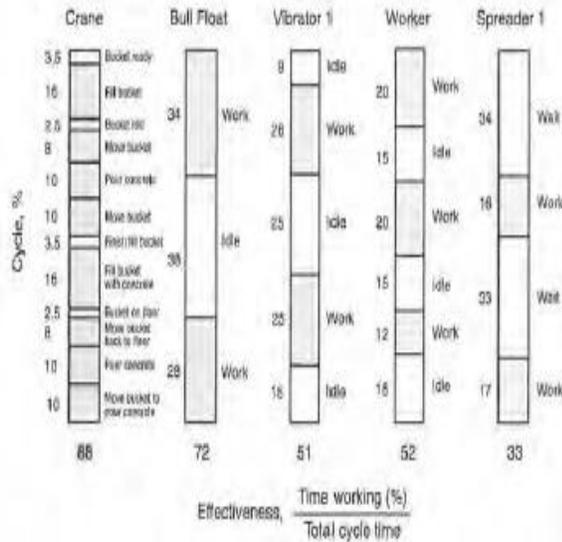
Project: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_\_ Observer: \_\_\_\_\_  
 Notes: \_\_\_\_\_

Observation No.	Productive (Direct work)	Semi-Productive (Support work)	Non-Productive (Delay)
1	√		
2		√	
3	√		
4			√
5			√
6			√
7		√	
8	√		
9	√		
Total	4	2	3
Percentage	45%	22%	33%

**Figura 18.** Machote de formulario para Work Sampling.  
 Fuente: Productivity in construction. (Dozzi & AbouRizk, 1993)

## Crew Balance

El método de Crew Balance (Balance de cuadrillas) es un método personalizado de evaluación de productividad que muestra mediante un gráfico de barras el tiempo utilizado por cada miembro de la cuadrilla y también del equipo utilizado en la actividad analizada (Leandro, 2016).



**Figura 19.** Machote de formulario para Crew Balance.  
Fuente: *Productivity in construction*. (Dozzi & AbouRizk, 1993)

Como se observa en la figura 19, los tiempos se muestran como un porcentaje del total del tiempo de medición realizado. Es fundamental que se determinen las tareas en las que se compone la actividad a analizar, tomando en cuenta los tiempos no productivos.

De igual forma se debe de cumplir con la realización mínima de 385 mediciones para garantizar mayor acercamiento a la situación real del proceso analizado. Es recomendable la grabación de videos en campo para mayor facilidad de observaciones según el rango de tiempo de mediciones establecido.

El Crew Balance es un método que permite comparar los porcentajes de tiempo que están siendo utilizadas en cada una de las tareas y con ellos poder determinar si alguna de ellas está requiriendo más tiempo del que necesitase. Al mismo tiempo da la oportunidad de visualizar si se debe de reorganizar (balancear) la cantidad de miembros de la cuadrilla para que la distribución de trabajo sea más equitativa y a su vez permite encontrar indicativos de cuáles son las tareas que requieren mejoramiento de productividad.

## Mejoramiento de la productividad

Según (Serpell, 2002) para lograr un mejoramiento de un determinado proceso es fundamental que se cumplan una serie de etapas, las cuales son:

- 1) Medición de la productividad.
- Toma de datos.

→ Análisis y procesamiento de la información.

2) Evaluación de la productividad.

→ Diagnóstico.

→ Identificación de problemas.

→ Determinación de cursos de acción.

→ Evaluación de alternativas.

3) Sistemas o planes de mejoramiento.

→ Implementación de estrategias y acciones de mejoramiento.

→ Seguimiento y control de la implementación y sus resultados.

Por lo tanto lo anterior se debe de convertir en un proceso cíclico a cumplir hasta que se obtenga la productividad deseada. Según los planes de mejoramiento propuestos la productividad puede experimentar una mejora significativa en el proceso. Existen planes de mejoramiento de la productividad (PMP) que se logran diseñando o implementando una serie de 7 actividades (Martínez & Alarcón, 1988):

- 1) Actividades motivacionales.
- 2) Actividades de capacitación.
- 3) Programas de personal.
- 4) Mejoramiento de métodos de trabajo.
- 5) Reducción de esperas.
- 6) Evaluación y retroalimentación.
- 7) Compromiso gerencial.

El mejoramiento de la productividad en los procesos constructivos representa una mejora integral de factores que influyen en ella negativamente. Cabe mencionar que lo anterior no solo funciona para un mejoramiento de la productividad de procesos, funciona de la misma manera para la evaluación de rendimientos.

## Rendimientos

Para determinar el rendimiento de un determinado proceso en campo, se deben de realizar mediciones en campo para recolectar muestras y así poder realizar un proceso estadístico para obtener el rendimiento real.

Mediante la siguiente ecuación se realiza la obtención de rendimiento para cada muestreo realizado:

$$R_n = \frac{t_n \times n}{C_n} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

R= Rendimiento en horas-hombre/unidad

t= tiempo de duración de la actividad.

n= número de personas que participaron en dicha actividad

C= cantidad de trabajado realizado.

## Proceso estadístico

La media aritmética se define como un promedio de los datos en estudio. Se procede a obtenerla con todos los datos de rendimiento obtenidos mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_n}{n} \quad \text{Ec. 2}$$

Para poder obtener una medida de la dispersión de los datos que se están analizando, seguidamente con la siguiente ecuación se calcula la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(R_1 - R)^2 + (R_2 - R)^2 + (R_n - R)^2}{n}} \quad \text{Ec. 3}$$

El coeficiente de variación es una medida porcentual que representa la desviación estándar según la media de la muestra. Para obtenerlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$C.V = \frac{\sigma}{R} \quad \text{Ec. 4}$$

## Rendimiento real

Como los tiempos empleados para el cálculo de rendimientos son netos ya que no se cuentan los tiempos requeridos para otras actividades, se debe aplicar un factor de corrección que tome en cuenta los tiempos que el trabajador gasta en transporte de materiales, alimentación, idas al baño, etc. Para calcularlo se utiliza la siguiente ecuación para obtener el factor de incremento:

$$f.i = \frac{t.c \times 100}{h.d - t.c} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

f.i= Factor de incremento.

t.c= Tiempo consumido en otras actividades.

h.d= Horas diarias de trabajo total.

Por último, se aplica este factor al rendimiento obtenido en la media aritmética para obtener un rendimiento real, como se observa en la siguiente ecuación:

$$R = R(1 + f.i) \quad \text{Ec. 5}$$

## Análisis gráfico

### R

R trata de un lenguaje de programación, orientado al análisis estadístico y manipulación de datos para la realización de gráficos. El mismo fue creado en 1993 por Ross Ihaka y Robert Gentleman.

### Diagramas de dispersión

Se utilizan para graficar dos variables con el propósito de verificar si existe correlación alguna entre ellas. Si existe correlación alguna, puede ser lineal, exponencial, logarítmica, etc.

### Diagramas de caja o box plot

Los diagramas de caja o box plot son utilizados para representar varias características de datos de un conjunto de datos analizado, entre ellos los datos atípicos.

Los diagramas de caja se pueden representar tanto vertical como horizontalmente. El rectángulo representa con la arista inferior o izquierda (según sea la posición del rectángulo) el rango intercuartílico ubicado en el primer cuartil y con la arista superior o derecha el rango ubicado en el tercer cuartil. El segundo cuartil o mediana es representado mediante una línea recta (Ver figura 20). (Montgomery & Runger, 1996)

Del rectángulo se desprenden unos bigotes o líneas que son las observaciones o mediciones que se encuentran entre cero y 1,50 veces el rango intercuartílico a partir de las aristas del rectángulo. Los valores mayores a 1,50 veces ese rango son los denominados valores atípicos (Montgomery & Runger, 1996)

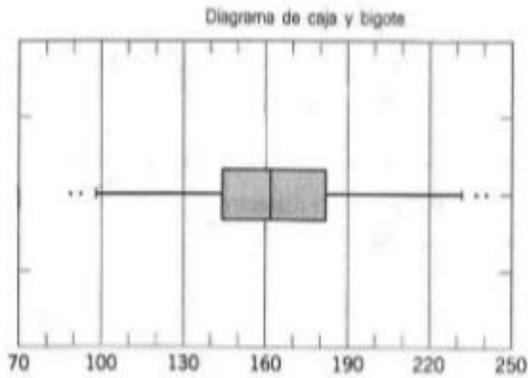


Figura 20. Diagrama de caja.  
Fuente: Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería (Montgomey & Runger, 1996)

## Control de calidad

Llevar un debido control de la calidad con la que se realiza un proceso es una tarea fundamental si se desea lograr competitividad dentro del sector construcción. Como se mencionó anteriormente, nada se logra terminando rápido los procesos, si los mismos no cumplen con estándares de calidad.

La Organización Nacional de Estandarización ha definido una serie de normas

llamadas ISO las cuales son aplicadas a productos y servicios. Si una empresa desea certificarse en alguna de ellas puede obtener un sinnúmero de beneficios, como por ejemplo el ordenamiento de la gestión dentro de la empresa. Son normas que lo que pretenden es reducir costos y aumentar la efectividad dentro de las empresas certificadas con la norma así como lograr una estandarización de la calidad dentro de un determinado proceso.

La norma ISO9001 habla específicamente de los Sistemas de Gestión de la Calidad. Las empresas pueden realizar un determinado proceso para certificarse en una norma específica, logrando con esto aumentar su competitividad en el mercado al tener procesos debidamente controlados bajo estándares de la calidad, logrando así reducir gastos tanto administrativos como operativos.

Una herramienta de fácil acceso para cualquier empresa que desee empezar a llevar un debido control de calidad de los procesos son las Hojas de Control de Calidad. Las mismas son un pequeño *check list* en el cuál el usuario puede determinar si la tarea fue realizada de la manera idónea según la forma en la que se encuentra establecida.

# Metodología

Primeramente se comienza el proceso con una reunión, aproximadamente dos meses antes de iniciada la práctica profesional, con uno de los encargados del proyecto donde se define cuáles serían las actividades a analizar, según los intereses de la empresa. En dicha reunión se definió que las actividades a evaluar serían las de chorreas de columnas y vigas así como el encofrado y desencofrado de dichos elementos; esto debido a que la mayoría de las actividades del proyecto son subcontratadas, entonces su interés iba enfocado a evaluar rendimientos y productividades con personal propio de la empresa.

Iniciado propiamente el periodo de práctica profesional, se procede a realizar visitas iniciales al proyecto para poder observar el proceso con el que eran realizadas las tareas antes mencionadas. Además de la observación, igualmente se realizaron entrevistas/encuestas a los trabajadores con el fin de poder realizar un análisis para determinar las deficiencias y/o fortalezas de los procesos estudiados en el proyecto QBO. Las deficiencias encontradas se representaron en diagramas Ishikawas que muestran la relación causa-efecto de las actividades seleccionadas.

Durante un tiempo aproximado de 3 meses, se realizaron visitas aleatorias a campo para la grabación de videos de los procesos. Paulatinamente mediante el uso de formularios para la toma de datos (ver apéndices 3 y 4), se fueron determinando rendimientos y productividades. Cabe mencionar que a pesar de que el proyecto QBO se encuentra compuesta por una torre de parqueos, y dos de apartamentos y amenidades, las mediciones se centraron únicamente a Torre Norte y Torre Sur; las cuales son dirigidas por tres maestros de obra: Fermín y Joel en Torre Sur y Douglas en Torre Norte (ver distribución en planta en anexo 2).

Para la determinación de las productividades se utilizaron 2 técnicas, una llamada Crew Balance y otra llamada Work

Sampling. Esta última permite evaluar el porcentaje de tiempo utilizado en trabajos productivos, contributivos y no productivos. Con la técnica del Crew Balance se obtiene un enfoque más personalizado, ya que indica en qué actividades utilizó el tiempo durante la grabación cada miembro presente en la cuadrilla.

Para cada actividad analizada se realizaron 18 muestreos (mediante los dos métodos mencionados) para evaluar la productividad en las diferentes cuadrillas del proyecto así como la productividad en general; obteniendo con esto un total de 36 muestreos ejecutados.

Los rendimientos se obtuvieron mediante el uso de 3 datos base: tiempo requerido en la actividad, cantidad de trabajado realizado en dicho tiempo y número de miembros en la cuadrilla. Con cada uno de los rendimientos obtenidos se realizó un promedio de los mismos tomando en cuenta factores de estadística y un factor de incremento que toma en cuenta tiempos consumidos en otras actividades como lo son: tiempos utilizados en idas al baño, café, almuerzo, etc.

Dichos videos además del proceso de observación durante todo el lapso en campo, fueron utilizados además para la realización de diagramas de flujos de cada uno de los procesos. Al igual que cuadros donde se indican las herramientas y materiales utilizados para obtener una imagen más clara de cómo ocurre cada actividad y en qué secuencia.

Cabe resaltar que aproximadamente a la mitad del proceso, específicamente el 6 de agosto, se acordó una reunión con los encargados del proyecto y el maestro de obras principal, para mostrar los resultados obtenidos hasta la fecha. Además de los resultados, se mostraron los factores tanto positivos como negativos y las respectivas recomendaciones del caso. Además a partir de esa fecha, se envió a los encargados cada 15 días un avance de los datos obtenidos.

Conseguido todo lo mencionado anteriormente, se procede a la realización de una

propuesta de mejora de las 4 actividades observadas, esto mediante un análisis de los datos obtenidos de las medidas realizadas y de los factores que están causando las deficiencias. Como se mencionó anteriormente, en la reunión del 6 de agosto se presentó una propuesta de mejora parcial de los procesos. De igual forma en este informe se presenta una propuesta total para la empresa para que la misma pueda ser utilizada para futuros proyectos.

Por último, se realizan hojas de verificación de los procesos mencionados con tal de que las actividades se ejecuten de la manera óptima y que se dé el correcto control de las mismas por parte de la empresa. Durante un periodo aproximado de 1 semana, se realizó la verificación de varios muros y columnas haciendo uso de una de las hojas de control propuesta: Hoja de control para desencofrado de muros (ver apéndice 9).

# Resultados

Las encuestas son un medio cualitativo importante para obtener indicativos de posibles causas que estén afectando la productividad en una determinada proceso, debido a que toman en cuenta la opinión de los trabajadores involucrados en las actividades. Durante todo el periodo de práctica, se realizó una encuesta (ver el apéndice 1) a algunos trabajadores propios de las actividades de chorrea de muros y columnas así como de encofrado y desencofrado de los mismos elementos. De igual manera también se realizaron entrevistas a los maestros de obras así como a sus segundos (ver apéndice 2), esto con el objetivo de encontrar la mayor cantidad de indicativos

posibles de bajas en la productividad en dichas actividades.

La encuesta realizada a los trabajadores se divide en secciones como: diseño de sitio, cuadrillas, motivación, administración y experiencia. En total fueron 21 encuestas realizadas a los trabajadores, 7 de cada una de las 3 cuadrillas y 6 encuestas realizadas a maestros de obras y sus segundos. Cabe resaltar que los 21 encuestados llevan trabajando para H Solís un promedio de 6 meses. Los resultados de dichas encuestas se observan en los cuadros 5 y 6 y las figuras 21- 33.

<b>CUADRO 5. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA A TRABADADORES</b>			
<b>Pregunta</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>NR</b>
1. ¿Se encuentran las áreas de uso común (baños, agua, etc.) cerca del puesto de trabajo?	48,00%	52,00%	0,00%
2. ¿Cree usted que en el sitio de trabajo debería de haber un comedor?	76,00%	14,00%	10,00%
3. ¿Cree usted que gasta mucho tiempo debido a que debe de recorrer grandes distancias para traer agua a su puesto de trabajo?	90,00%	10,00%	0,00%
4. ¿Tiene usted los materiales y herramientas cerca del puesto de trabajo o debe realizar grandes desplazamientos para su transporte?	63,00%	37,00%	0,00%
6. ¿Debe usted detener a menudo su trabajo debido a que faltan materiales o herramientas necesarias para ejecutar sus labores?	71,00%	29,00%	0,00%
10. ¿Considera que el tamaño de las cuadrillas es adecuado para las labores que se realizan?	86,00%	14,00%	0,00%
11. ¿Cree usted que dentro de su cuadrilla hay personas que trabajan menos que usted?	33,00%	67,00%	0,00%
12. ¿Existe confianza y buen trato por parte de sus compañeros de trabajo?	95,00%	5,00%	0,00%
14. ¿Es tomado en cuenta a la hora de aportar ideas o de proponer posibles soluciones?	90,00%	10,00%	0,00%
15. ¿Siente que su trabajo es reconocido o valorado?	81,00%	19,00%	0,00%
16. ¿Considera que recibe un salario justo por su trabajo?	63,00%	37,00%	0,00%
17. ¿Recibe su salario a tiempo?	67,00%	33,00%	0,00%
18. ¿Existe confianza y buen trato por parte de sus jefes?	95,00%	0,00%	5,00%
19. ¿Se siente seguro en su ambiente de trabajo?	90,00%	0,00%	10,00%
20. ¿Recibe incentivos por realizar de buena manera los trabajos, por hacerlos rápido y con calidad?	62,00%	38,00%	0,00%

23. ¿Recibe instrucciones claras de parte de sus superiores?	95,00%	5,00%	0,00%
24. ¿Siente mucha presión por parte de sus superiores?	52,00%	48,00%	0,00%
25. ¿Recibe capacitación o algún tipo de indicación previa al iniciar alguna tarea sea nueva o no?	76,00%	19,00%	5,00%
26. ¿Cuenta usted con condiciones seguras y equipo de seguridad adecuado que le permita realizar su trabajo sin poner en riesgo su vida?	71,00%	24,00%	5,00%
27. ¿Cree usted que se desperdician materiales en la labor que realizan?	38,00%	62,00%	0,00%

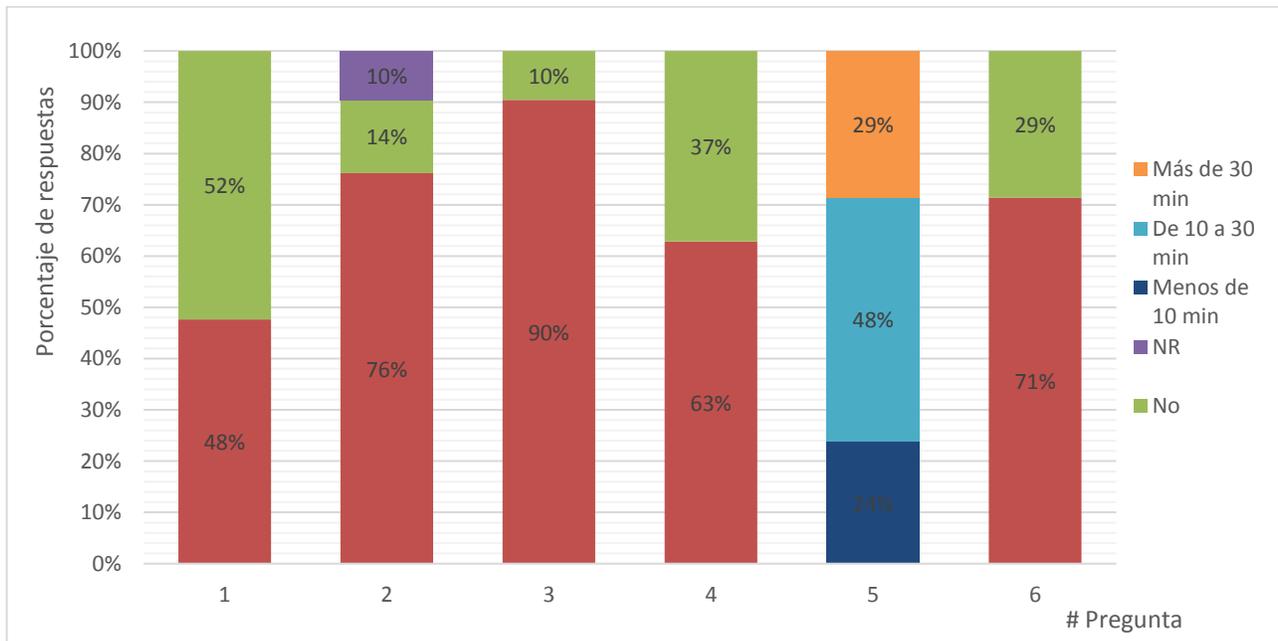
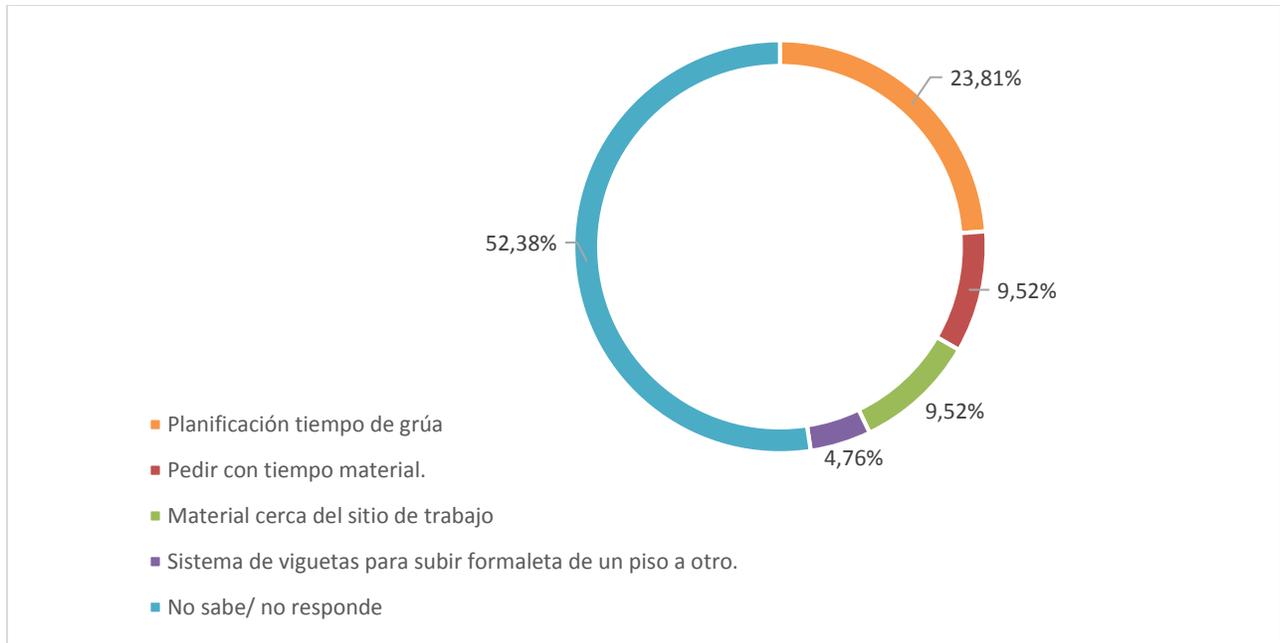
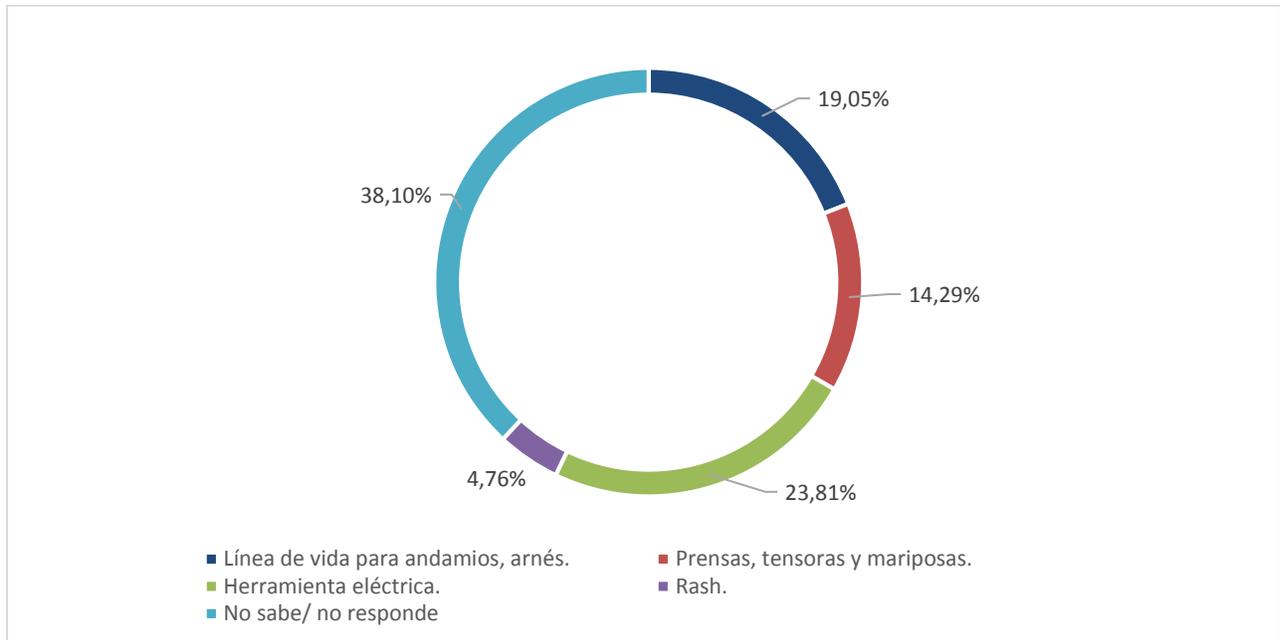


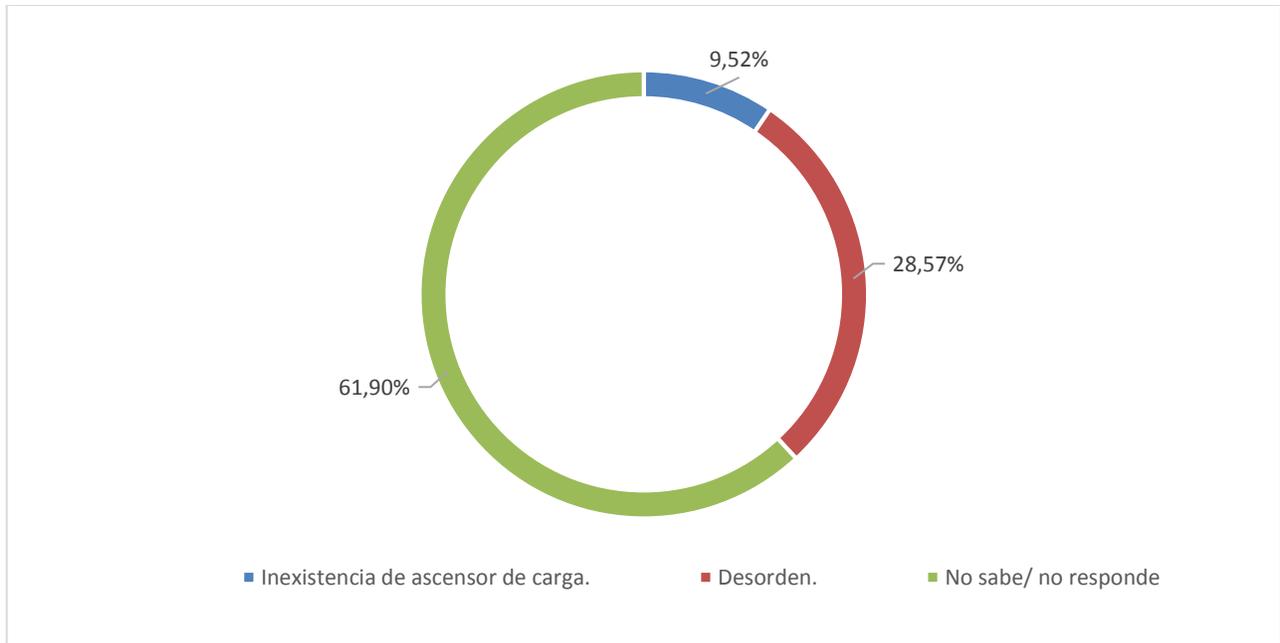
Figura 21. Respuestas de encuesta, sección Diseño de Sitio.



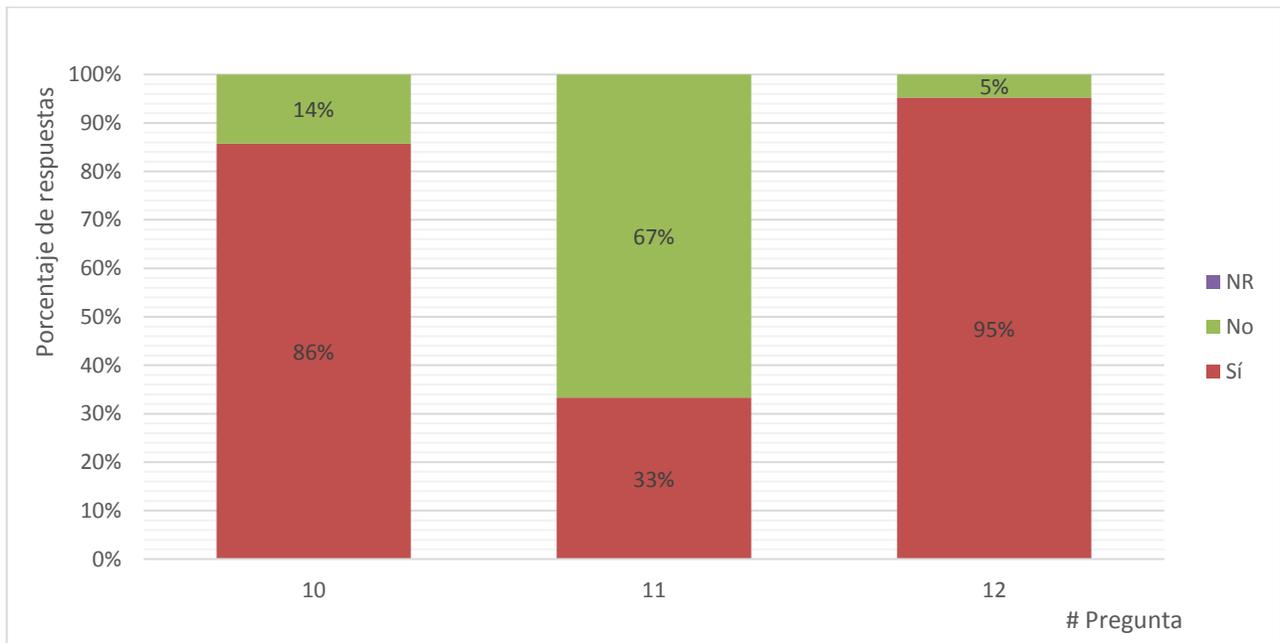
**Figura 22.** Respuesta a pregunta #7: ¿Cómo cree usted que se podrían mejorar los atrasos producidos por transporte de materiales y herramientas?, sección Diseño de Sitio.



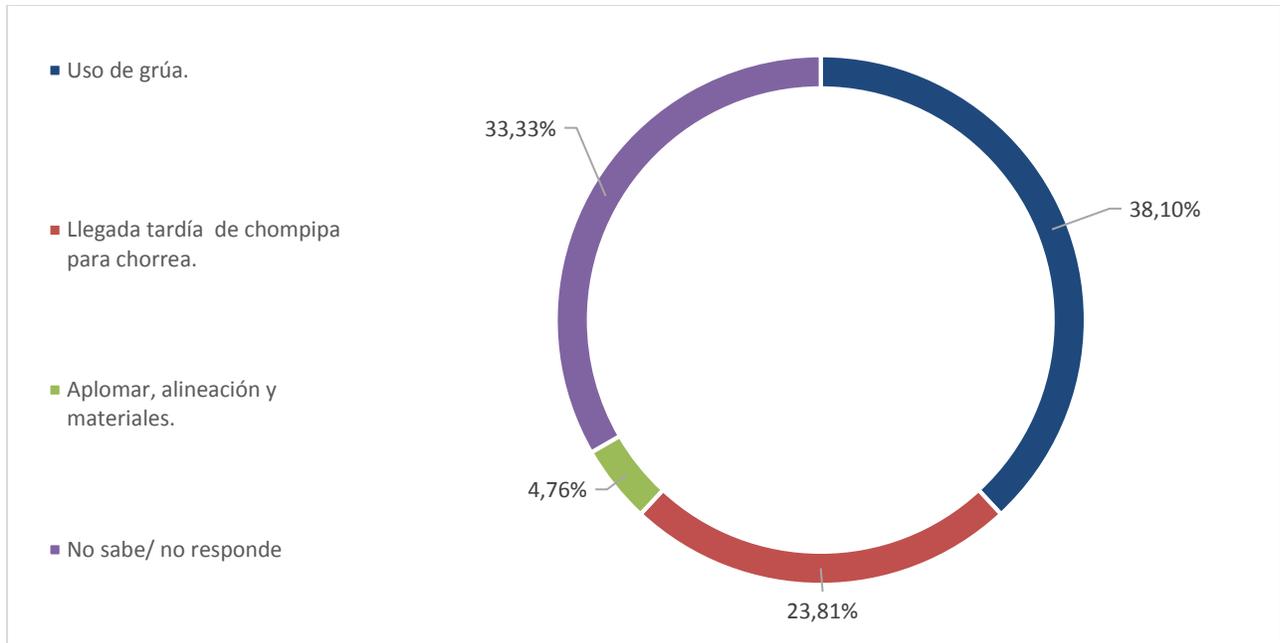
**Figura 23.** Respuesta a pregunta #8: ¿Cuáles son las herramientas o equipos más difíciles de conseguir?, sección Diseño de Sitio.



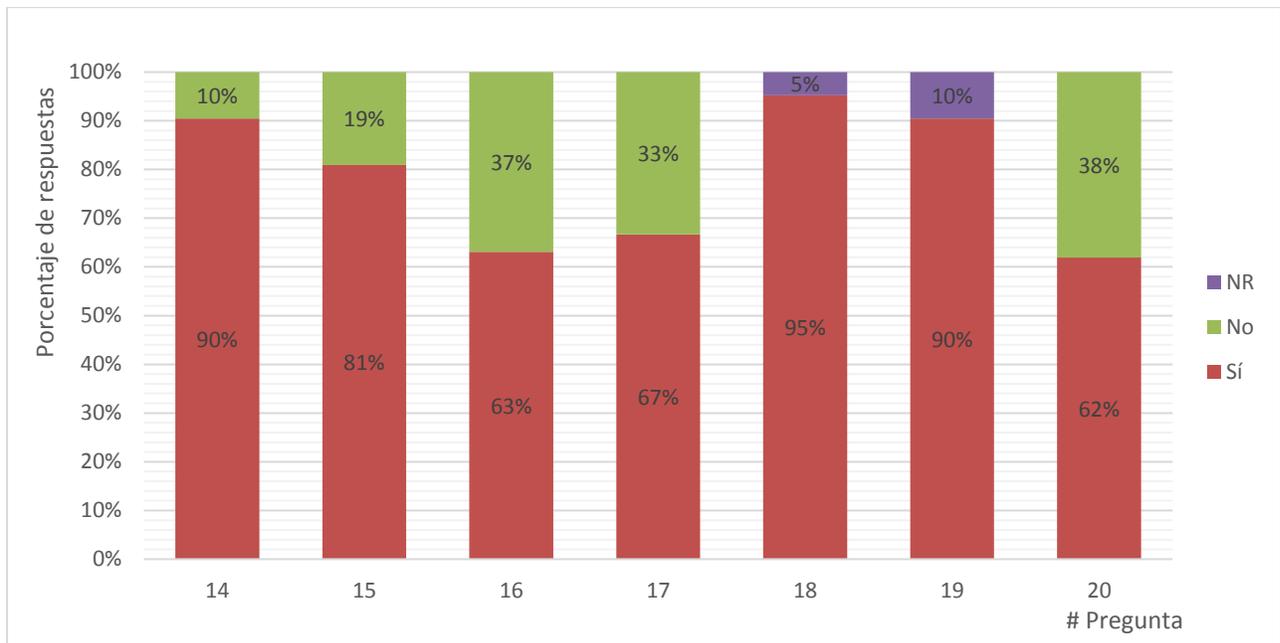
**Figura 24.** Respuesta a pregunta #9: ¿Qué aspectos del diseño de sitio considera le afectan en el desempeño de su trabajo?, sección Diseño de Sitio.



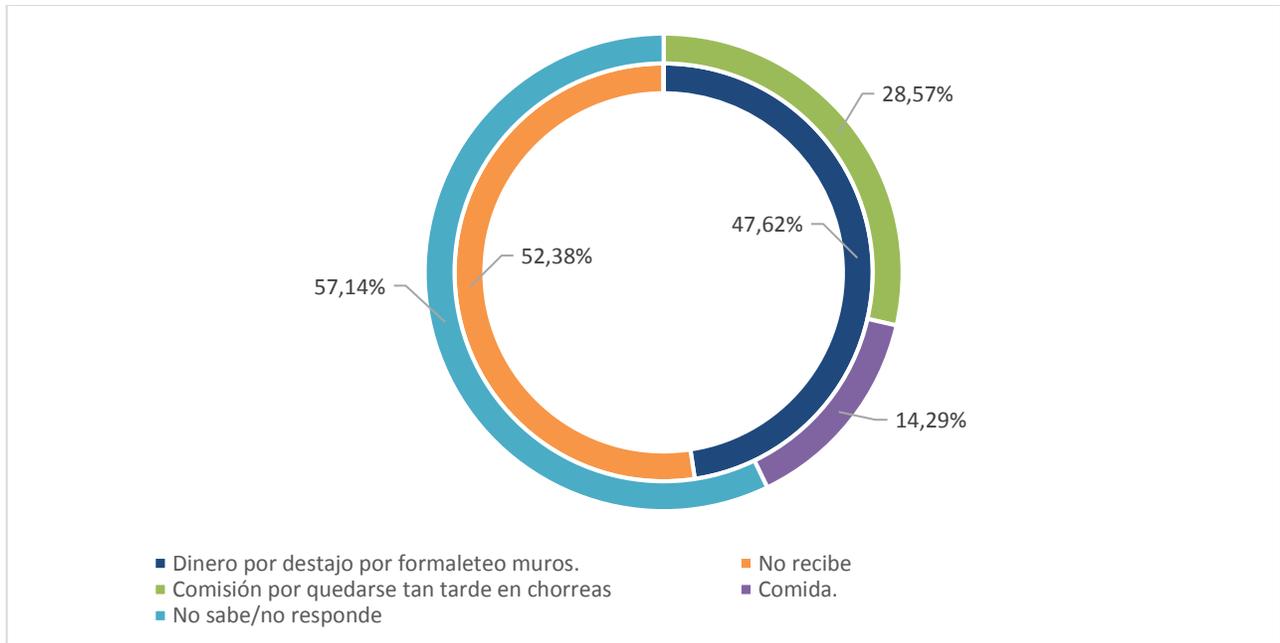
**Figura 25.** Respuestas de encuesta, sección Cuadrillas.



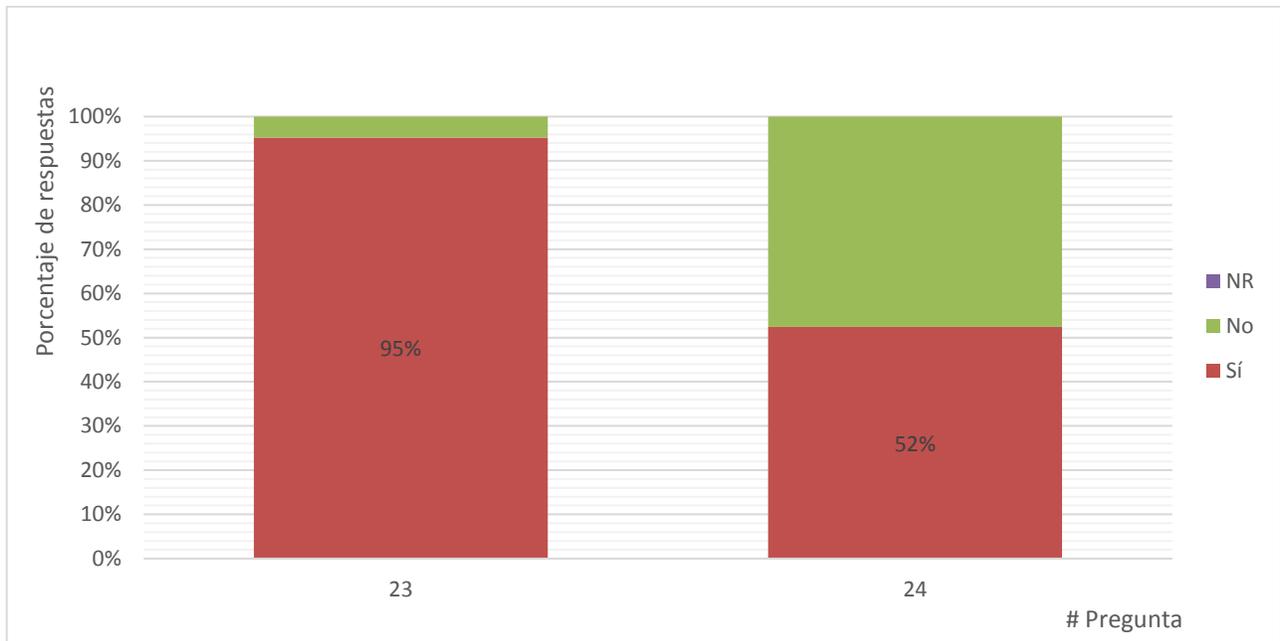
**Figura 26.** Respuestas a pregunta #13: ¿En cuál tarea cree usted que su cuadrilla sufre más atraso?, sección Cuadrillas.



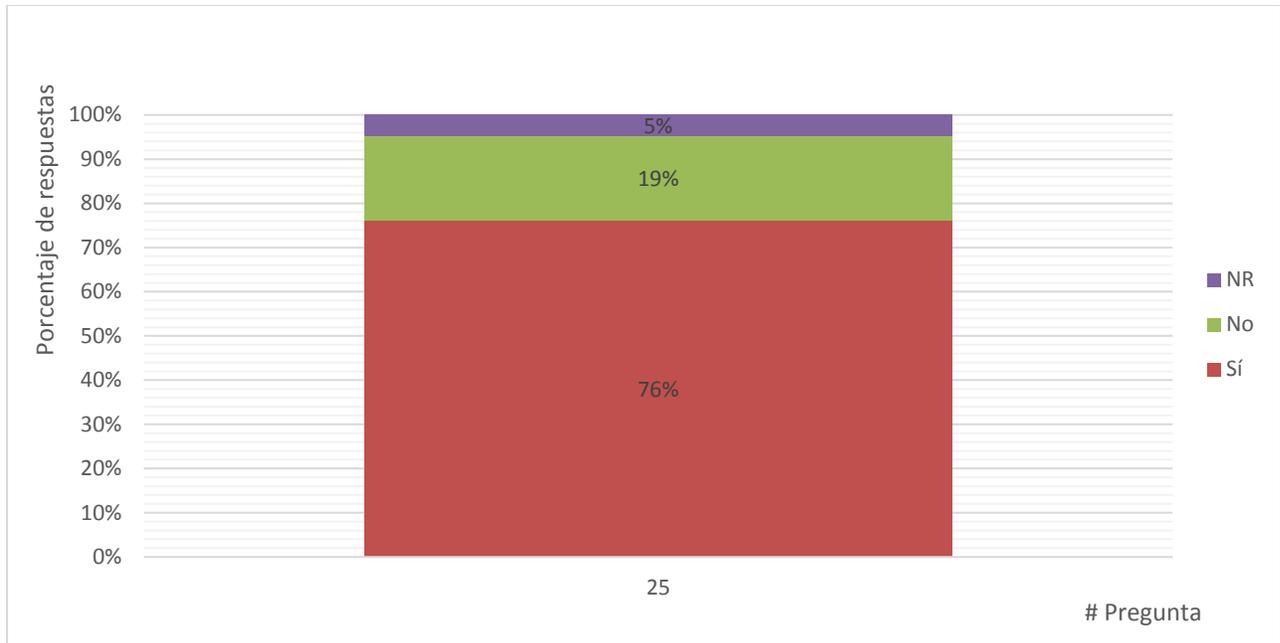
**Figura 27.** Respuestas de encuesta, sección Motivación.



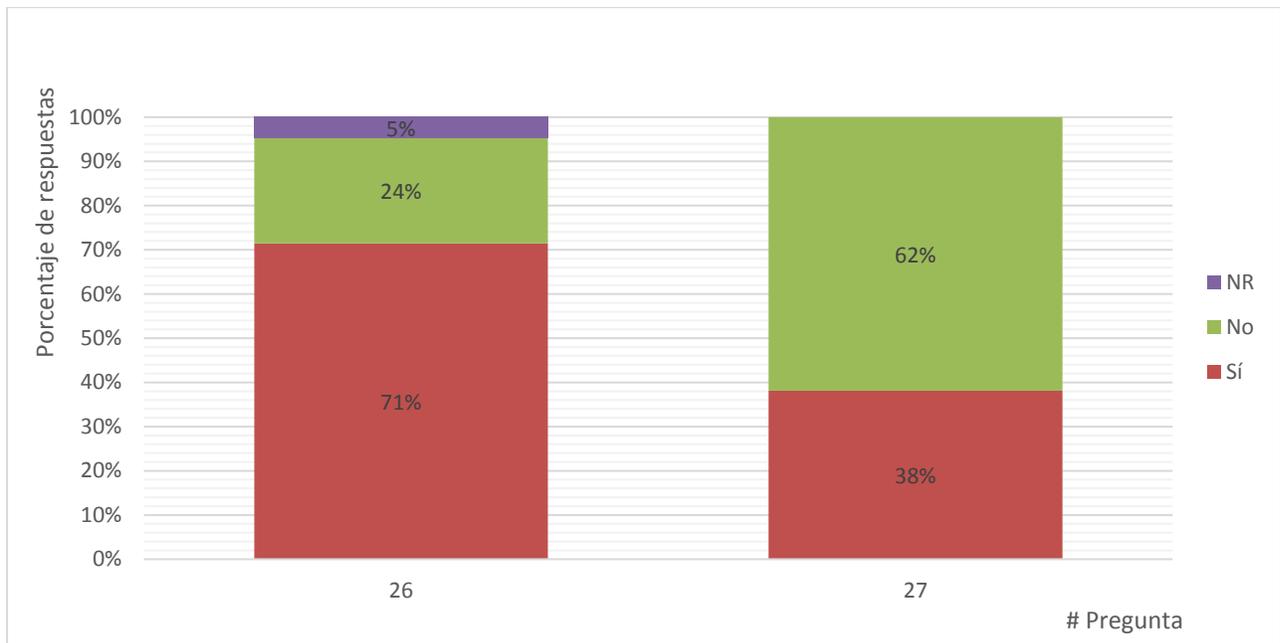
**Figura 28.** Respuestas a pregunta #21 (anillo interno): ¿Qué tipos de incentivos recibe? y pregunta #22 (anillo externo): ¿Qué tipos de incentivos le gustaría recibir?, sección Cuadrillas.



**Figura 29.** Respuestas de encuesta, sección Administración.



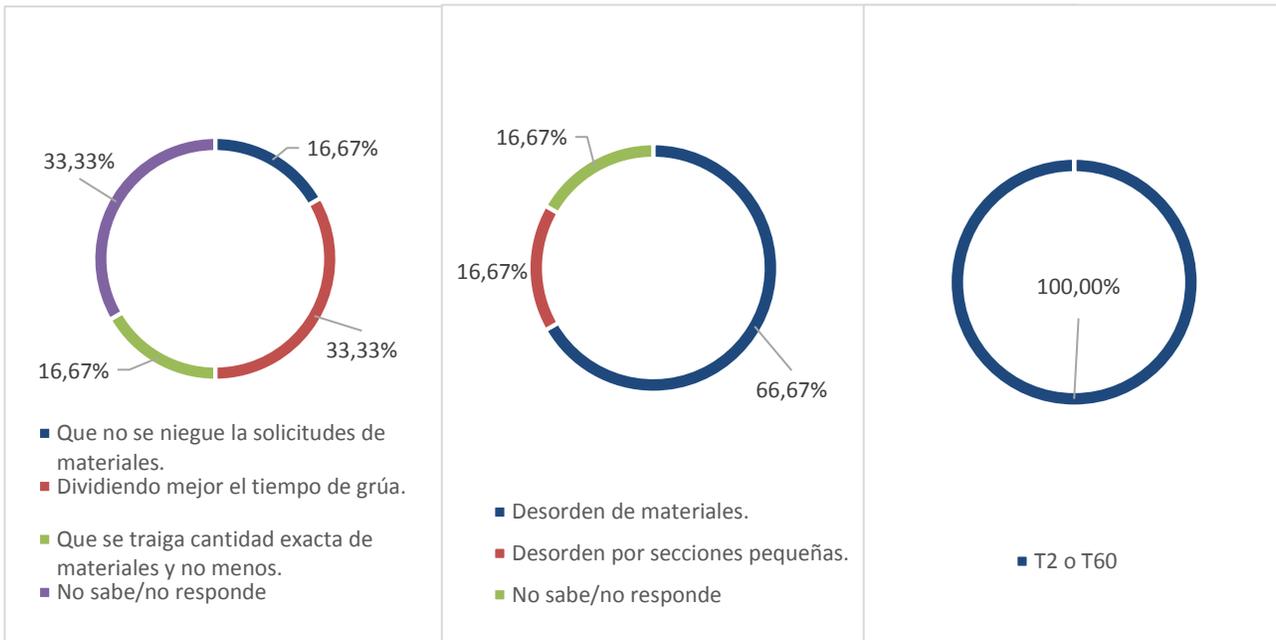
**Figura 30.** Respuestas de encuesta, sección Experiencia.

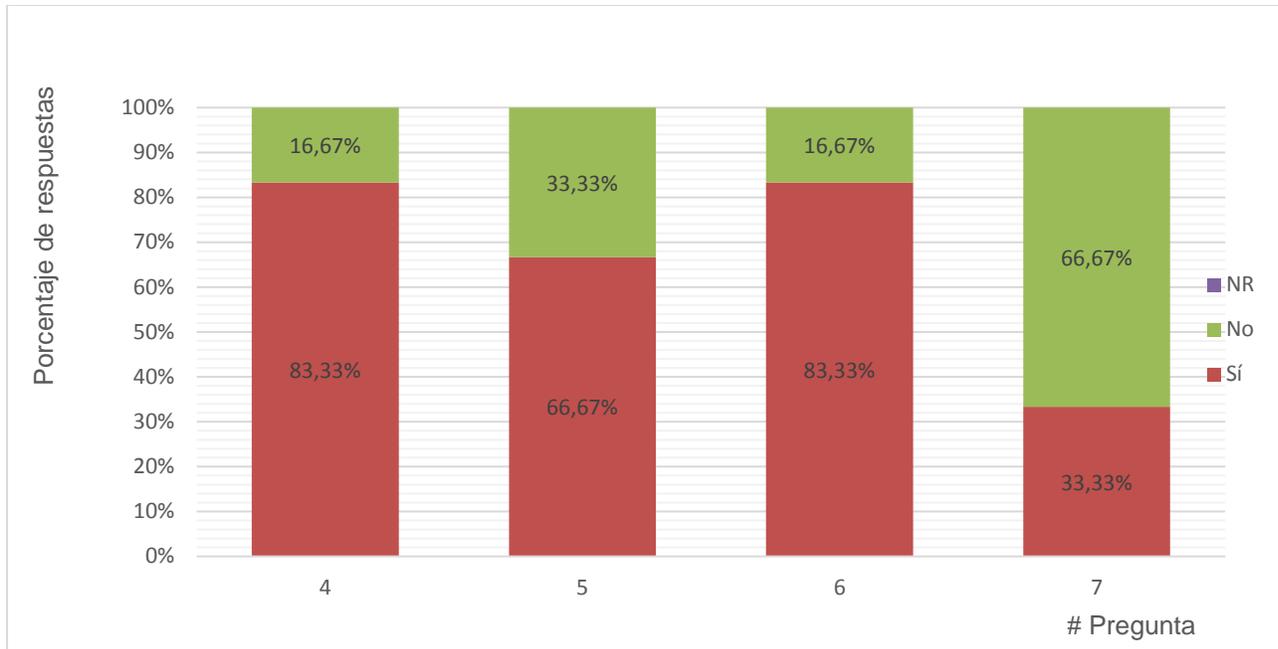


**Figura 31.** Respuestas de encuesta, sección Seguridad y ambiente.

**CUADRO 6. RESUMEN DE RESPUESTAS DE ENCUESTA REALIZADA A MAESTROS DE OBRA Y SUS SEGUNDOS**

Pregunta	Sí	No	NR
4. ¿Considera que el tamaño de su cuadrilla es adecuado para las labores que realiza?	83,00%	17,00%	0,00%
5. ¿El equipo y los materiales están a tiempo en la obra para ser utilizados?	67,00%	33,00%	0,00%
6. ¿Reciben capacitación o algún tipo de indicación previa al iniciar alguna tarea sea nueva o no?	83,00%	17,00%	0,00%
7. ¿Considera usted que es más importante la experiencia de las personas para desempeñar las tareas de una manera más eficiente?	33,00%	67,00%	0,00%





**Figura 33.** Respuestas a preguntas de encuesta realizada a MO y sus segundos.

## Chorrea de muros y columnas

Con base en los datos obtenidos en las encuestas, las observaciones realizadas en campo y las encuestas ejecutadas a los maestros de obra se logra recopilar una serie de posibles causas que

afectan la productividad de la actividad de chorrea de muros y columnas, las cuales se representan mediante el diagrama Ishikawa ilustrado en la figura 34.

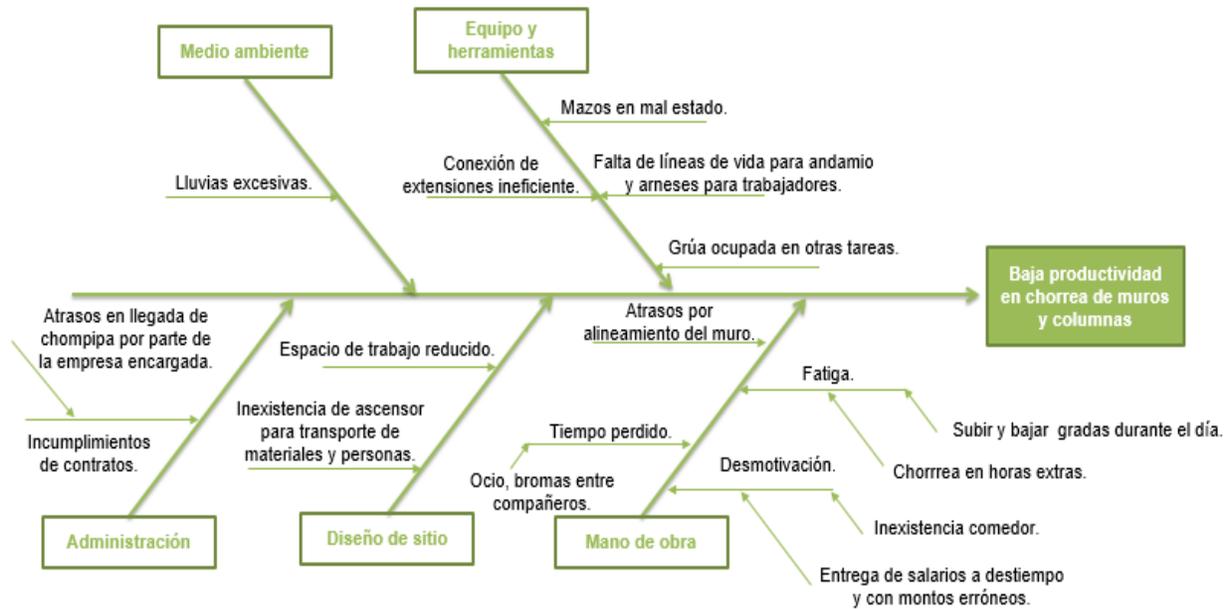
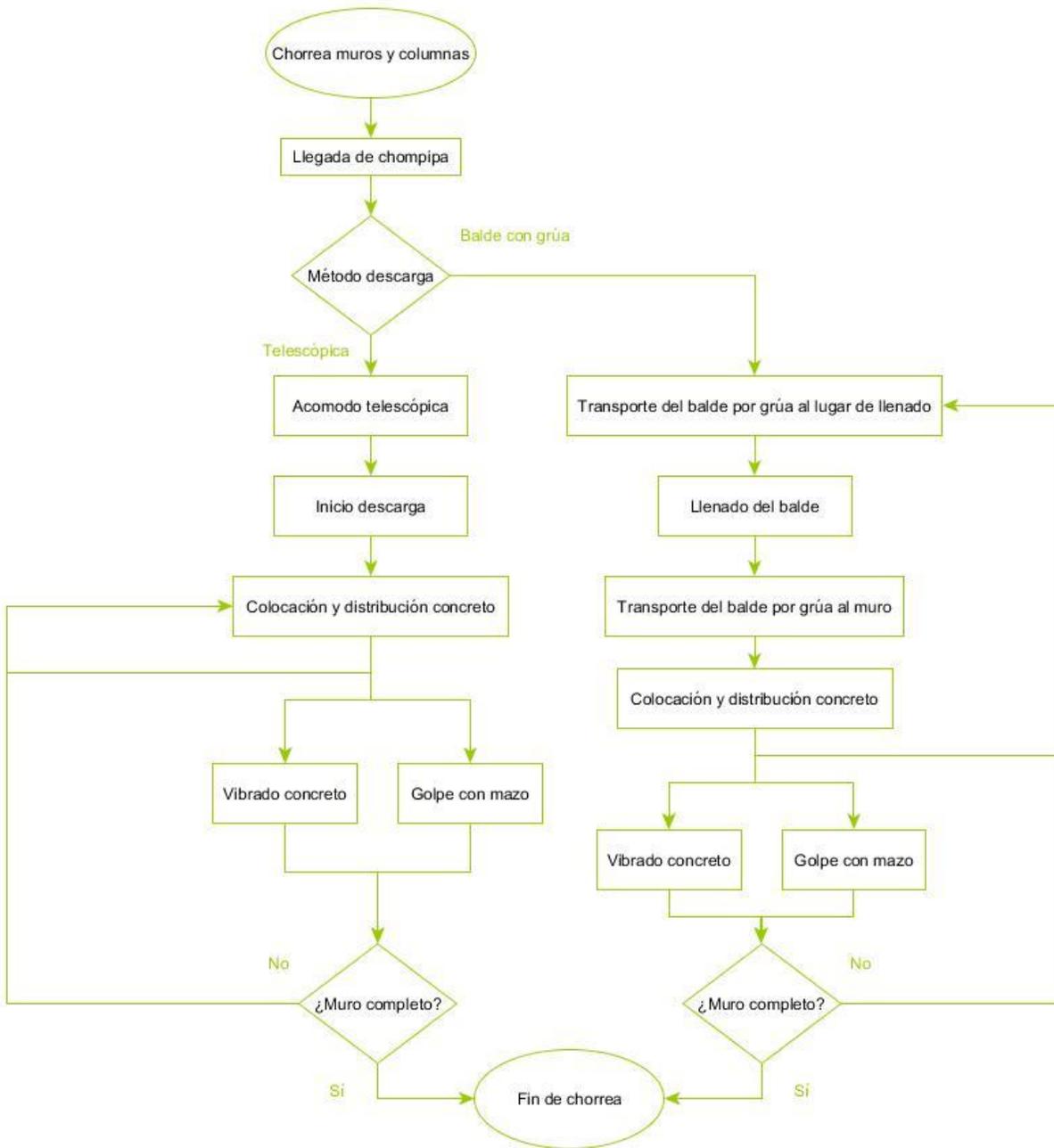


Figura 34. Diagrama Ishikawa para chorrea de muros y columnas.

Posterior al análisis de las posibles causas que generan bajas en la productividad de las actividades en estudio, se procede a estudiar los procesos que conllevan las actividades de chorrea de muros y columnas y el encofrado y desencofrado de los mismos elementos al igual que las herramientas y equipo que se utiliza en

cada proceso. La figura 35 representa gráficamente mediante un diagrama de flujo la actividad de chorrea de muros y columnas para el caso donde se utiliza balde o sea realizada mediante telescópica.



**Figura 35.** Diagrama de flujo de la actividad de chorrea de muros y columnas.

Aunado a lo anterior, se definen los recursos: humanos, materiales, de herramientas y equipo necesarios para la realización de cada uno de los procesos expresados en el diagrama de flujo antes mostrado.

**CUADRO 7. RECURSOS CHORREA CON TELESCÓPICA**

Proceso	Recurso humano		Materiales	Equipo y herramientas
	Fermín	Joel		
Acomodo telescópica	-1 operario de CEMEX	-1 operario de CEMEX	-	Telescópica
Colocación y distribución del concreto	-1 operario	-1 operario	-Concreto - Tabla de madera (en ocasiones)	-Manguera de telescópica -Arnés -Cinta métrica - Andamio palometa
Vibrado del concreto	-1 operario -1 ayudante	-1 operario -1 ayudante	-	-Vibrador -Extensión -Arnés
Golpe con mazo	-4 ayudantes - 1 peón	- 4 peones	-	Mazos

**CUADRO 8. RECURSOS CHORREA CON BALDE**

Proceso	Recurso humano			Materiales	Equipo y herramientas
	Douglas	Joel	Fermín		
Transporte balde	-1 gruelo -1 ayudante grúa	-1 gruelo -1 ayudante grúa	-1 gruelo -1 ayudante grúa	-	-Grúa -Balde de 1 m3
Colocación y distribución del concreto	-1 operario -1 a 2 ayudantes	-1 operario -1 ayudante	-1 operario -1 ayudante	-Concreto - Tabla de madera (en ocasiones)	-Grúa -Balde de 1 m3 -Arnés -Andamio palometa
Vibrado del concreto	-1 operario - 1 ayudante	-1 operario - 1 ayudante	-1 operario - 1 ayudante	-	-Vibrador -Extensión -Arnés
Golpe con mazo	-2 ayudantes	-2 a 3 peones	-3 ayudantes -1 peón	-	Mazos

## Productividad

Se presenta en el cuadro 9 y 10 el código de tareas y su respectiva clasificación (trabajo productivo, no

productivo y contributivo) para las chorreas realizadas mediante telescópica y con balde.

<b>CUADRO 9. CÓDIGO DE TAREAS PARA CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS MEDIANTE BALDE CON GRÚA</b>		
<b>Código</b>	<b>Tarea</b>	<b>Clasificación</b>
T1	Transporte del concreto	Trabajo contributivo.
T2	Colocación y distribución del concreto.	Trabajo productivo.
T3	Vibrado del concreto.	Trabajo productivo.
T4	Sostener motor vibrador, sostener tabla chorrea.	Trabajo contributivo.
T5	Golpe con mazo.	Trabajo productivo.
T6	Tiempo de espera.	Trabajo contributivo.
T7	Dar direcciones a grúa.	Trabajo contributivo.
T8	Tiempo no productivo.	Trabajo no productivo

<b>CUADRO 10. CÓDIGO DE TAREAS PARA CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS MEDIANTE TELESCÓPICA</b>		
<b>Código</b>	<b>Tarea</b>	<b>Clasificación</b>
T1	Acomodo telescópica.	Trabajo contributivo.
T2	Preparación concreto.	Trabajo contributivo.
T3	Colocación y distribución del concreto.	Trabajo productivo.
T4	Vibrado del concreto.	Trabajo productivo.
T5	Sostener motor vibrador, sostener tabla chorrea.	Trabajo contributivo.
T6	Golpe con mazo.	Trabajo productivo.
T7	Tiempo de espera.	Trabajo contributivo.
T8	Tiempo no productivo.	Trabajo no productivo

### Torre Norte: Maestro de obras Douglas

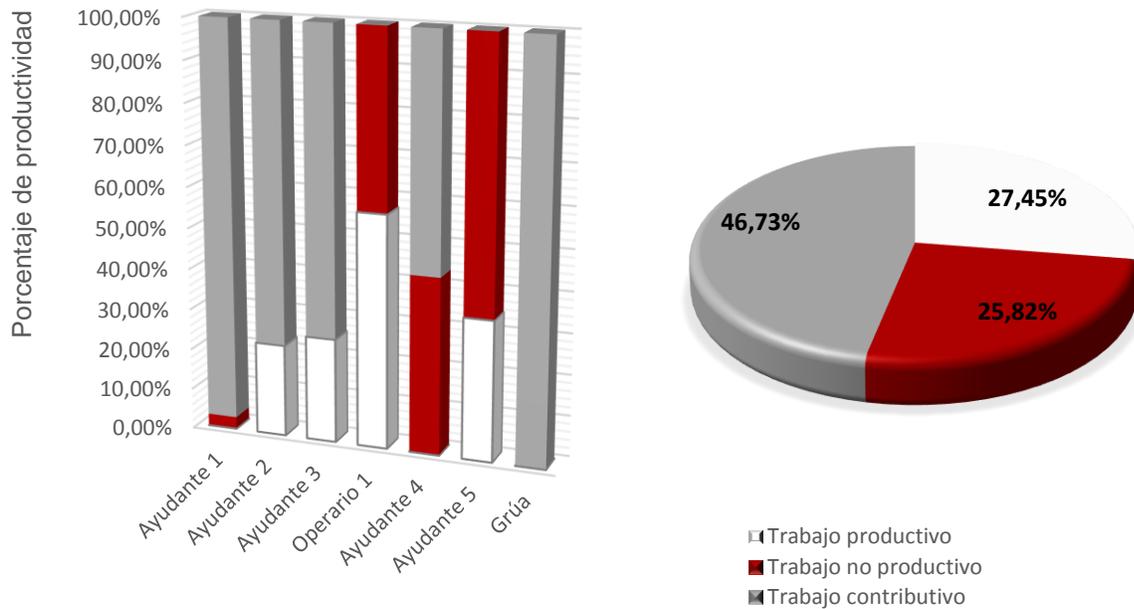
Una vez obtenidos los datos, se presentan los resultados de productividad evaluados para la actividad de chorrea de muros y columnas, como se observa en las figuras 36-37 del muestreo 1 para la cuadrilla del maestro de obras Douglas. Lo anterior, se repite para cada uno de los 18 muestreos realizados de productividad para los 3

maestros de obras en las figuras 38-47,49-60, 63-74.

Además, cabe mencionar que al inicio de cada muestra de resultados por maestro de obras se presenta un cuadro resumen de las condiciones con los que fueron realizados las mediciones, como lo indican los cuadros 11-13.

**CUADRO 11. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA DOUGLAS**

Muestreo	Nivel	Fecha	Hora medición	Clima	Temperatura	Int. medición
1	25,20 m	08/07/16	04:31:30 p.m.	Nublado	25° C	20 seg
2	28,35 m	15/07/16	04:26:05 p.m.	Nublado	25° C	20 seg
3	28,35 m	20/07/16	03:29:12 p.m.	Nublado	23° C	20 seg
4	28,35 m	20/07/16	03:50:18 p.m.	Nublado	23° C	20 seg
5	30,50 m	01/08/16	04:42:37 p.m.	Nublado	23° C	20 seg
6	37,80 m	22/08/16	03:18:47 p.m.	Nublado	24° C	20 seg



**Figura 36.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Douglas.

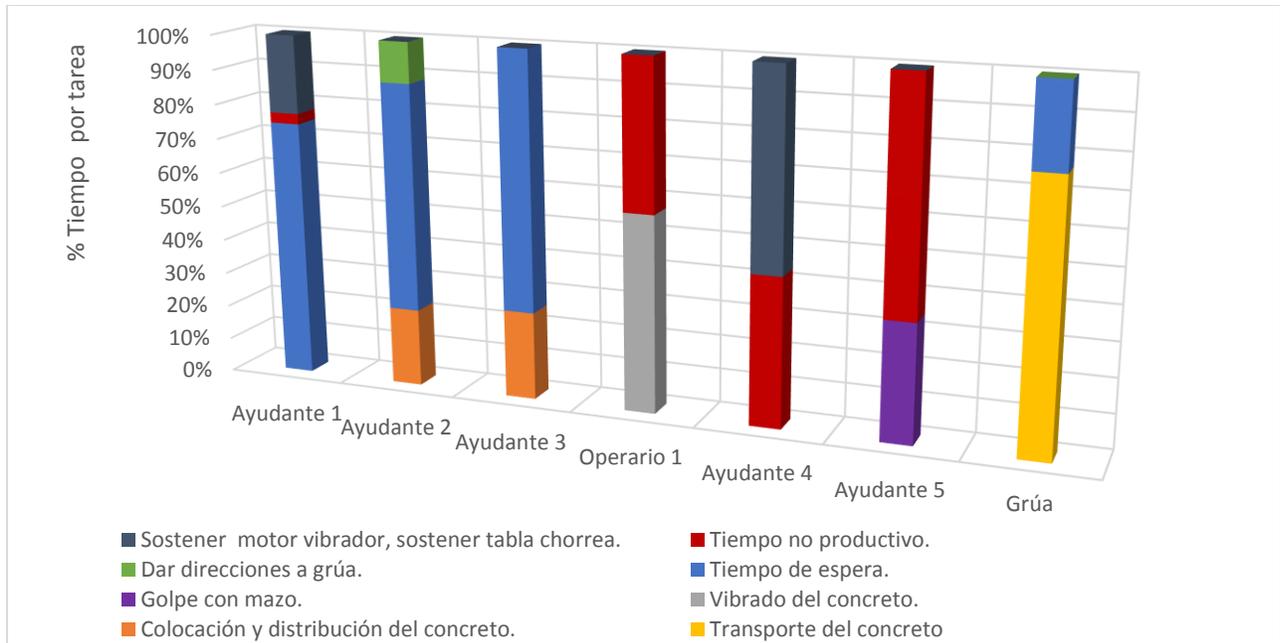


Figura 37. Crew balance del muestreo 1, Douglas.

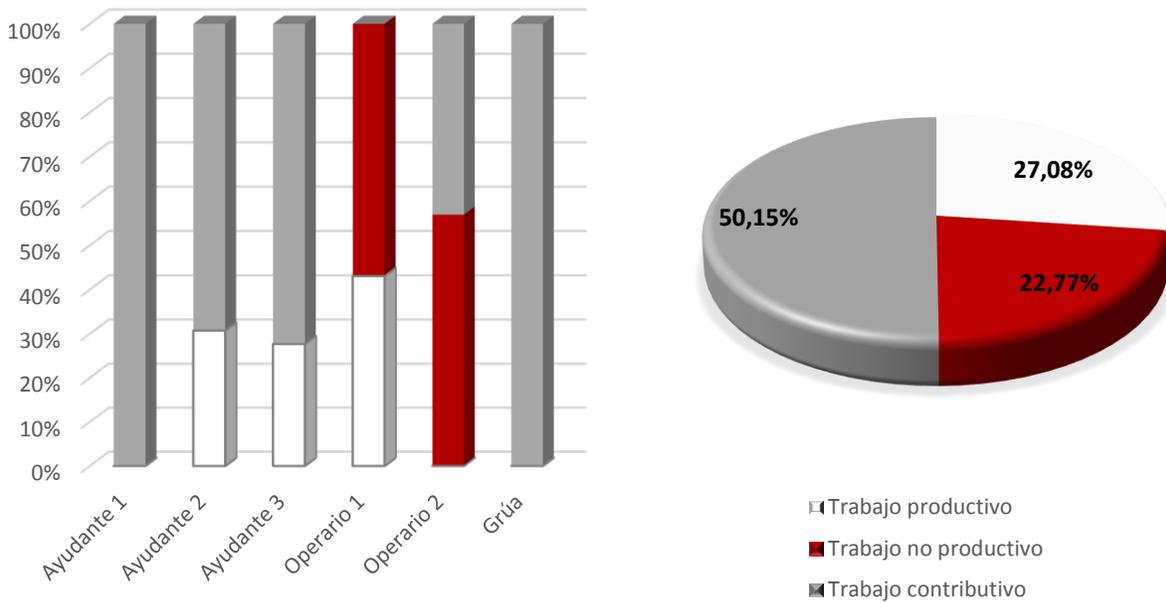


Figura 38. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Douglas.

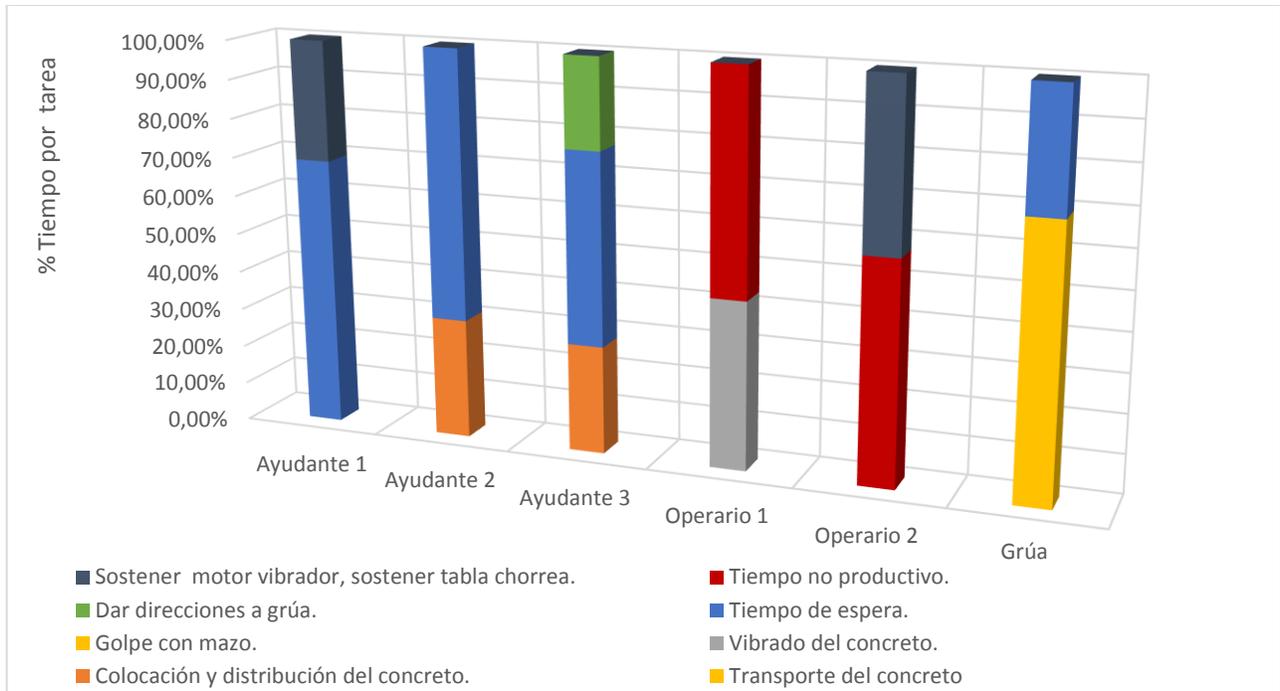


Figura 39. Crew balance del muestreo 2, Douglas.

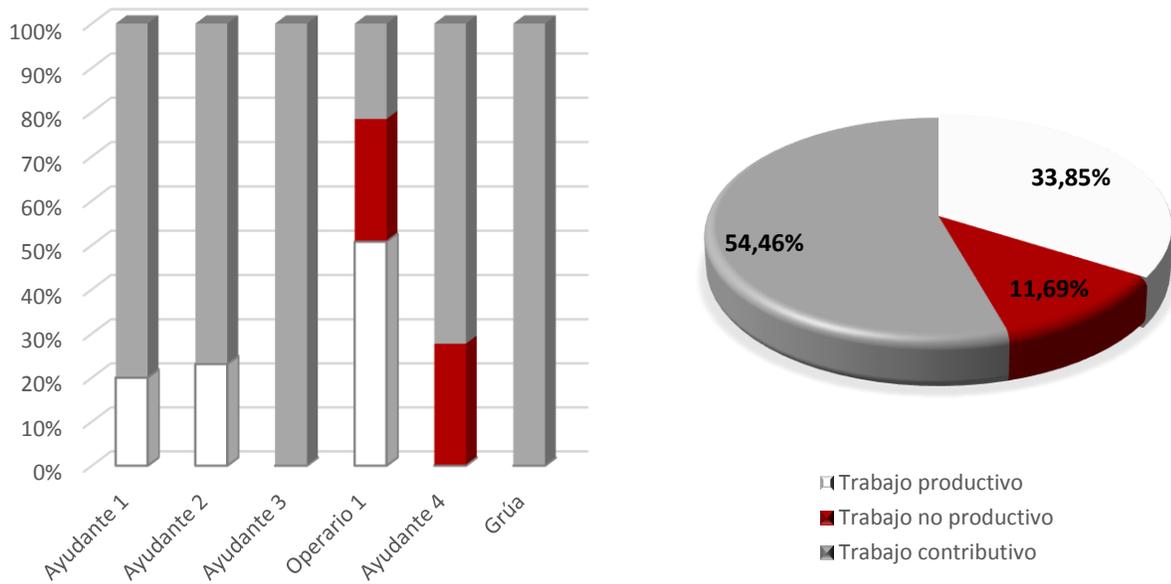


Figura 40. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Douglas.

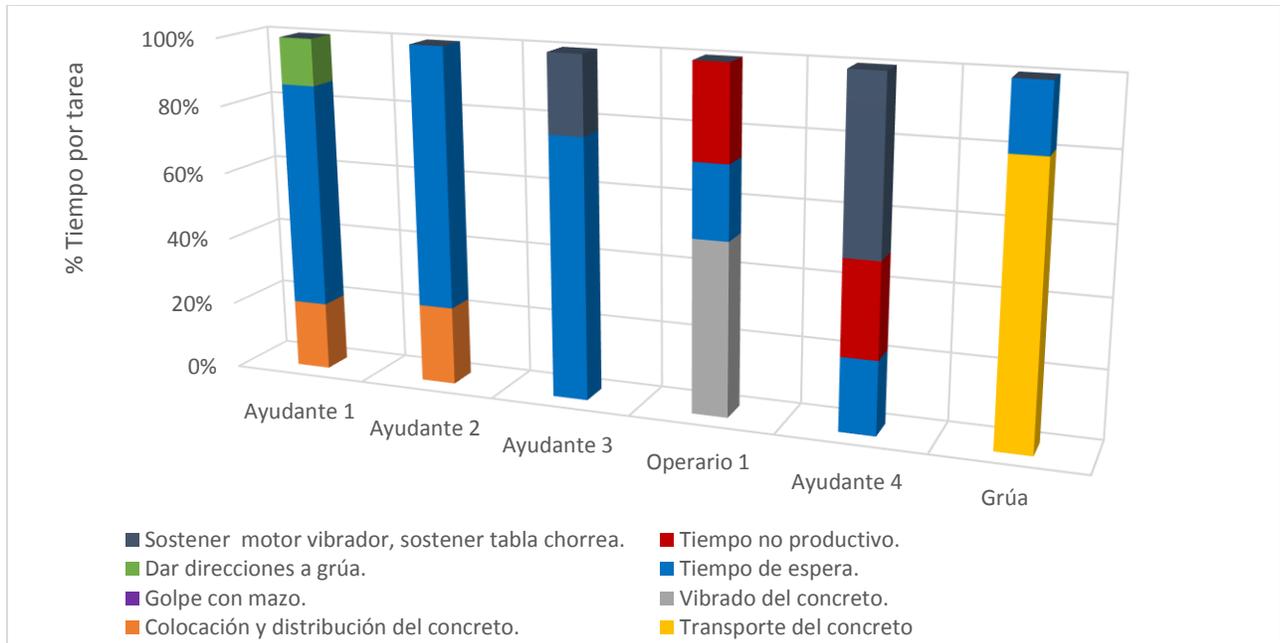


Figura 41. Crew balance del muestreo 3, Douglas.

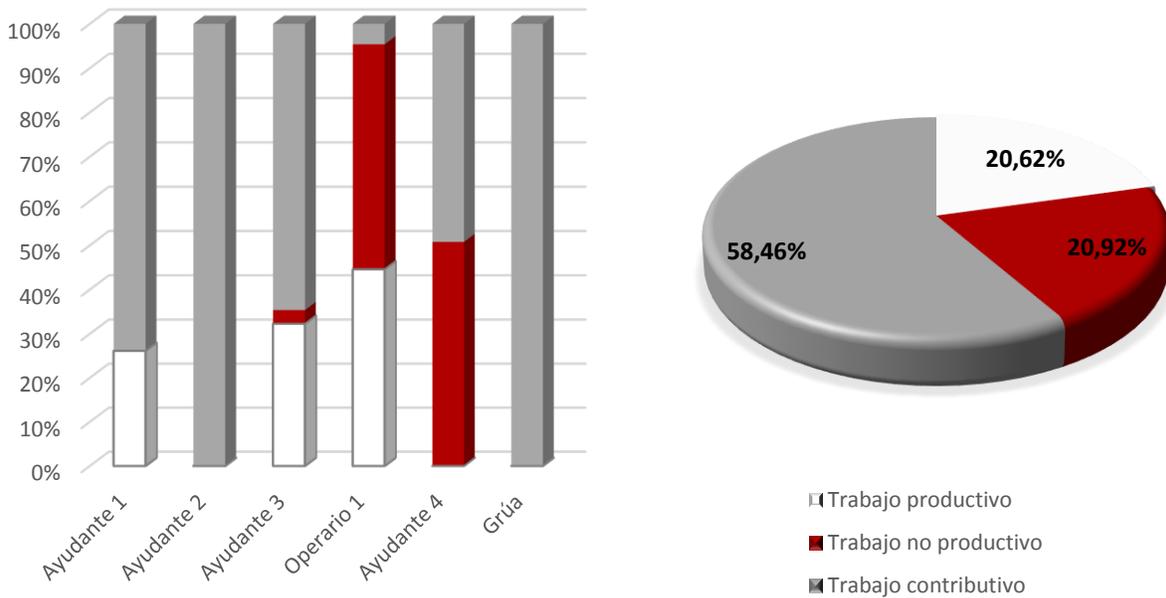


Figura 42. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Douglas.

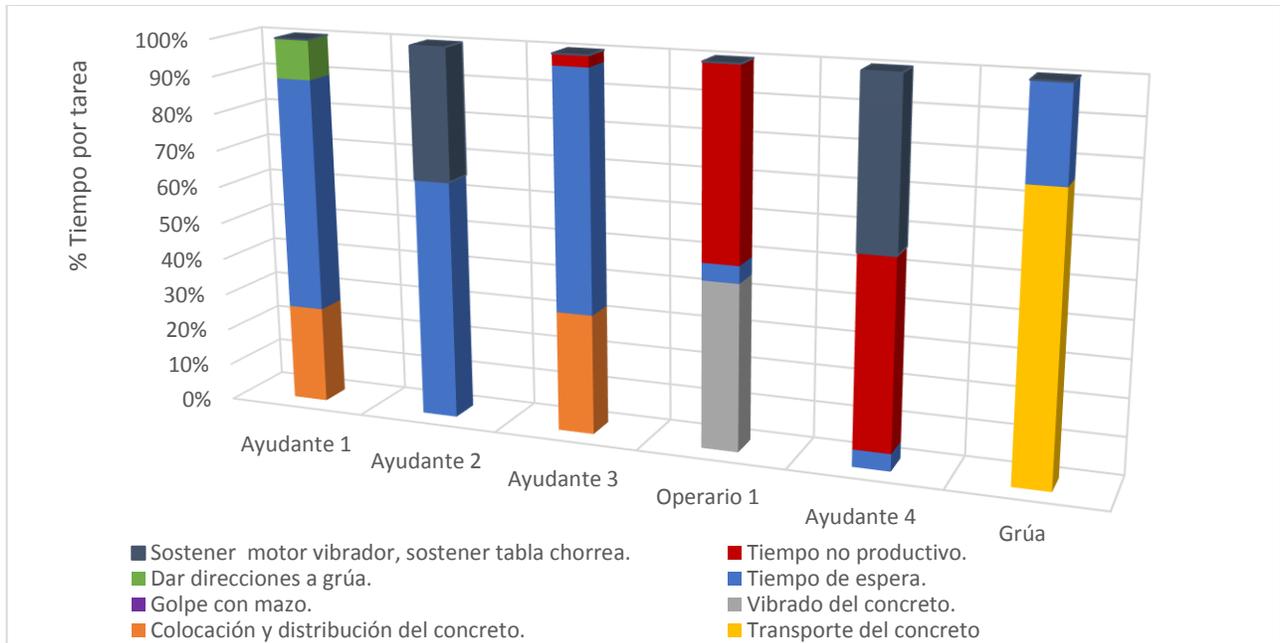


Figura 43. Crew balance del muestreo 4, Douglas.

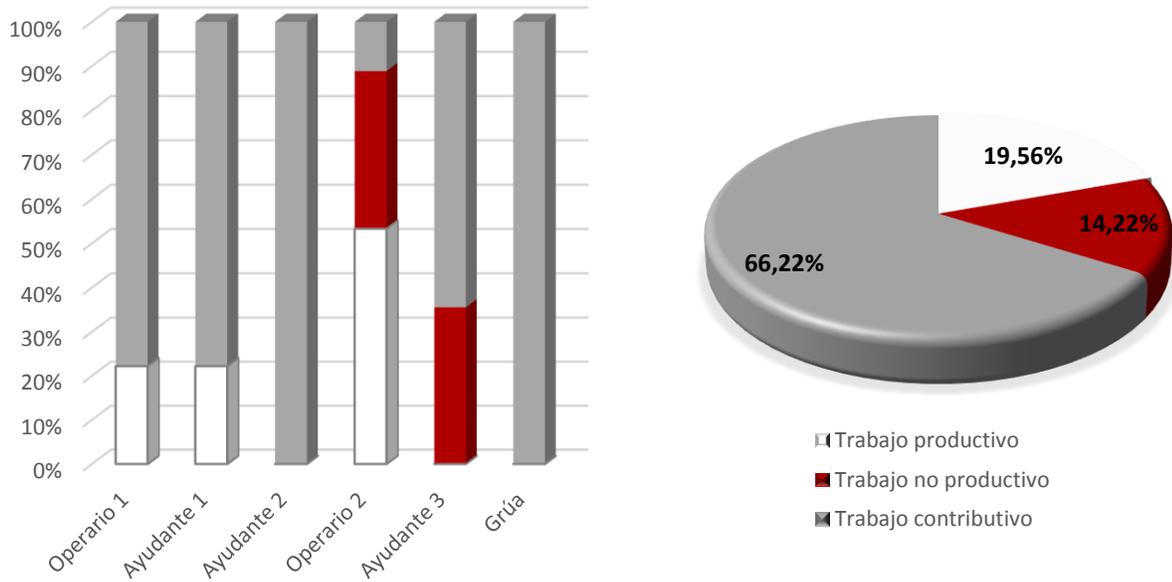


Figura 44. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Douglas.

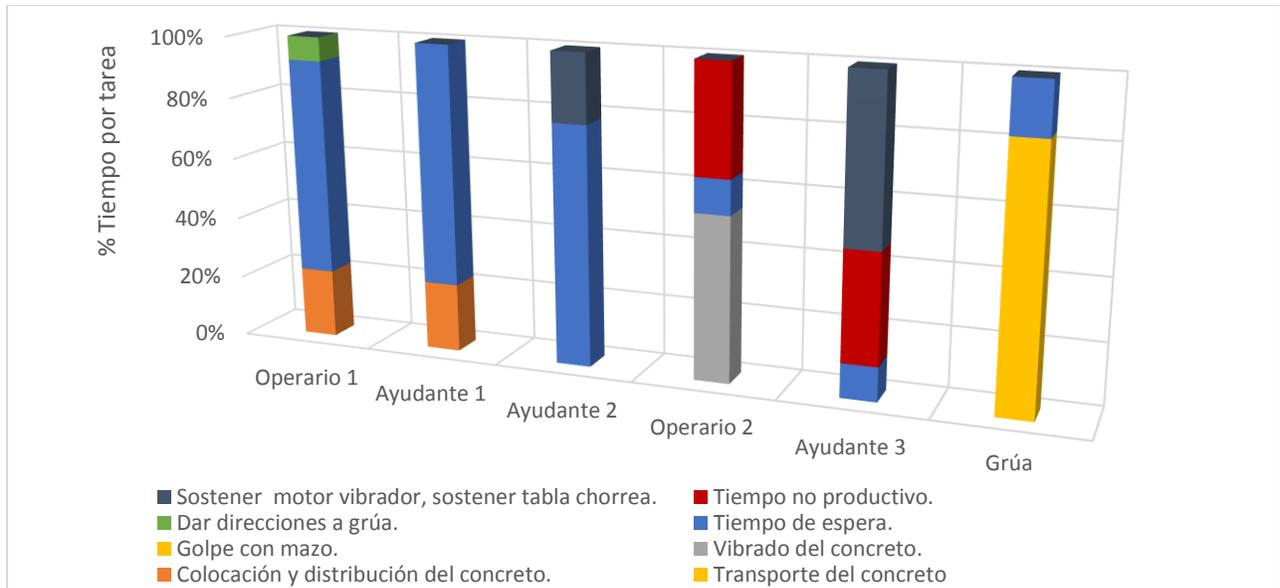


Figura 45. Crew balance del muestreo 5, Douglas.

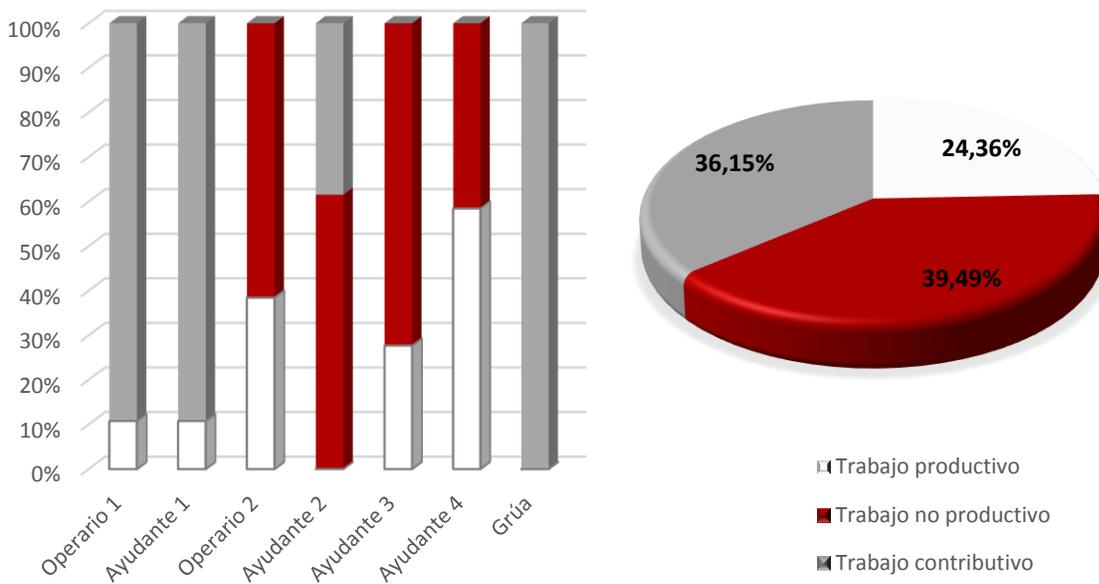


Figura 46. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Douglas.

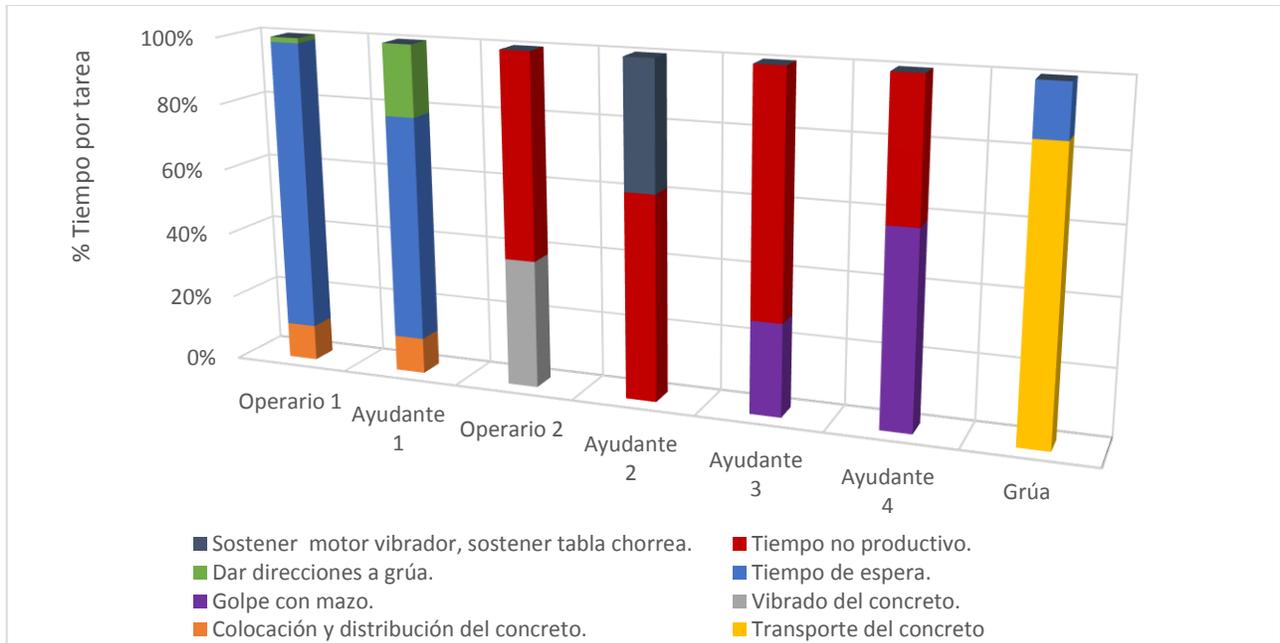


Figura 47. Crew balance del muestreo 6, Douglas.

Por último se muestran figuras como la 48 la cual resume la cantidad de minutos consumidos por tarea durante los 6 muestreos del maestro de obras Douglas. De igual forma se realiza el mismo

resumen para Joel en las figuras 61 y 62 y para Fermín en las figuras 75 y 76.

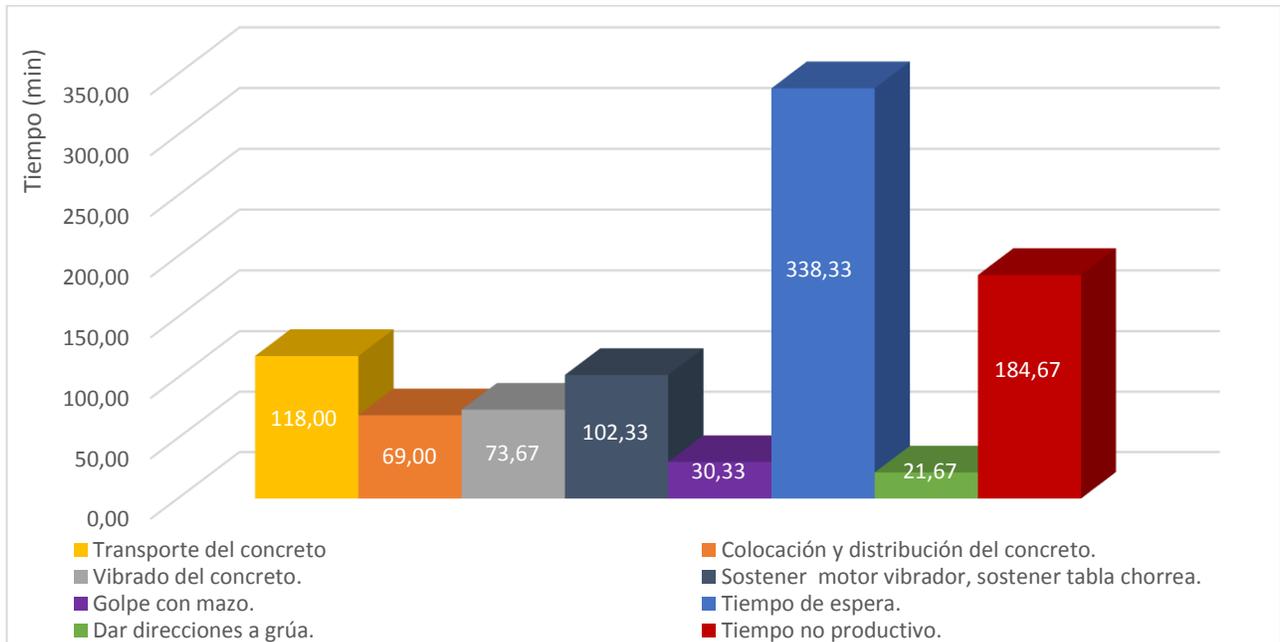
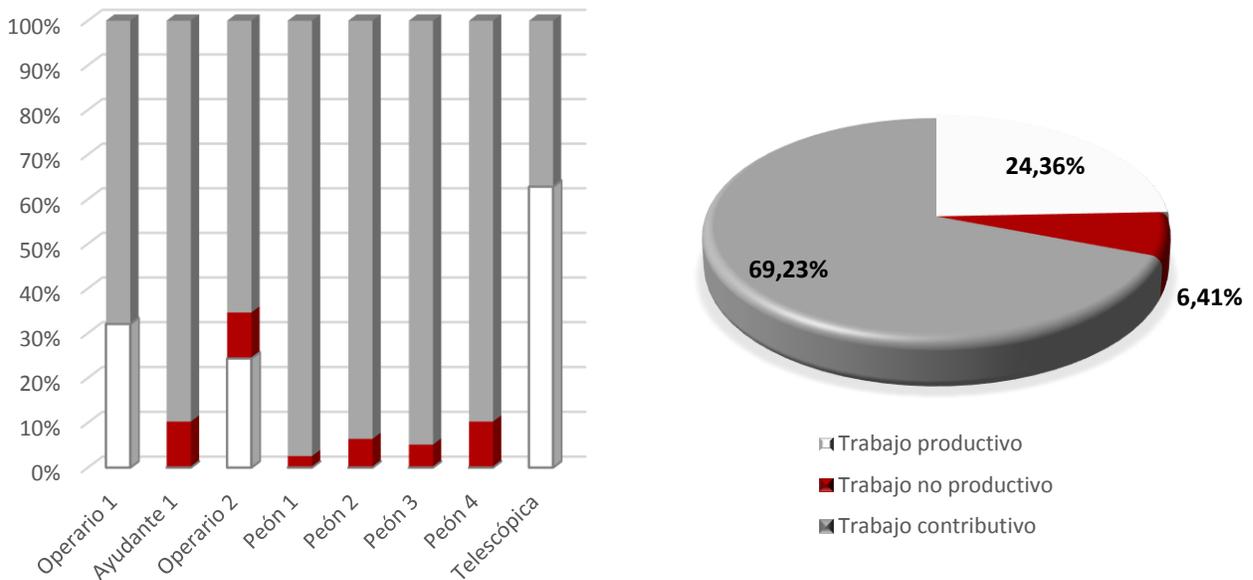


Figura 48. Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 tareas durante los 6 muestreos de chorreas de Douglas.

Torre Sur: Maestro de obras Joel

<b>CUADRO 12. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA JOEL</b>						
Muestreo	Nivel	Fecha	Hora medición	Clima	Temperatura	Int. medición
1	15,75 m	14/07/16	04:48:41p.m.	Nublado	25 °C	20 seg
2	18,20 m	27/07/16	05:13:19 p.m.	Nublado	21 °C	20 seg
3	18,20 m	27/07/16	05:42:16 p.m.	Nublado	21 °C	10 seg
4	22,95 m	09/08/16	04:50:20 p.m.	Nublado	21° C	20 seg
5	25,20 m	22/08/16	05:15:12 p.m.	Nublado	24° C	20 seg
6	25,20 m	23/08/16	05:21:08 p.m.	Nublado	24° C	20 seg



**Figura 49.** Porcentajes de tiempos, productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Joel.

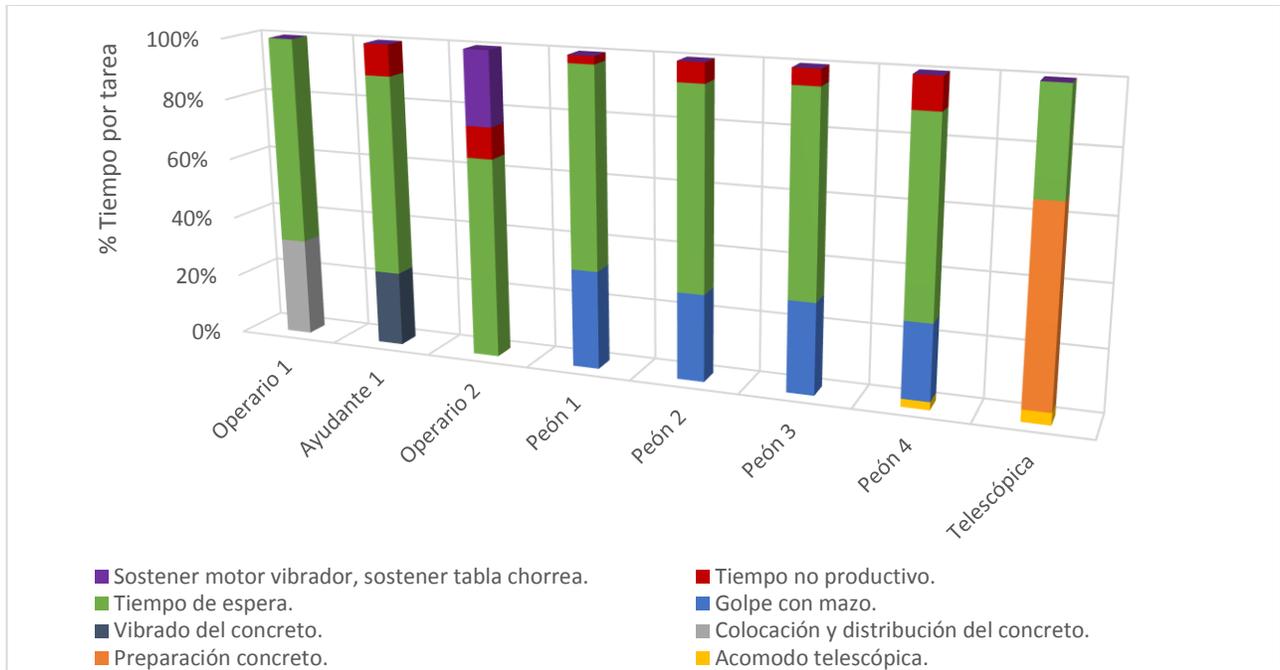


Figura 50. Crew balance del muestreo 1, Joel.

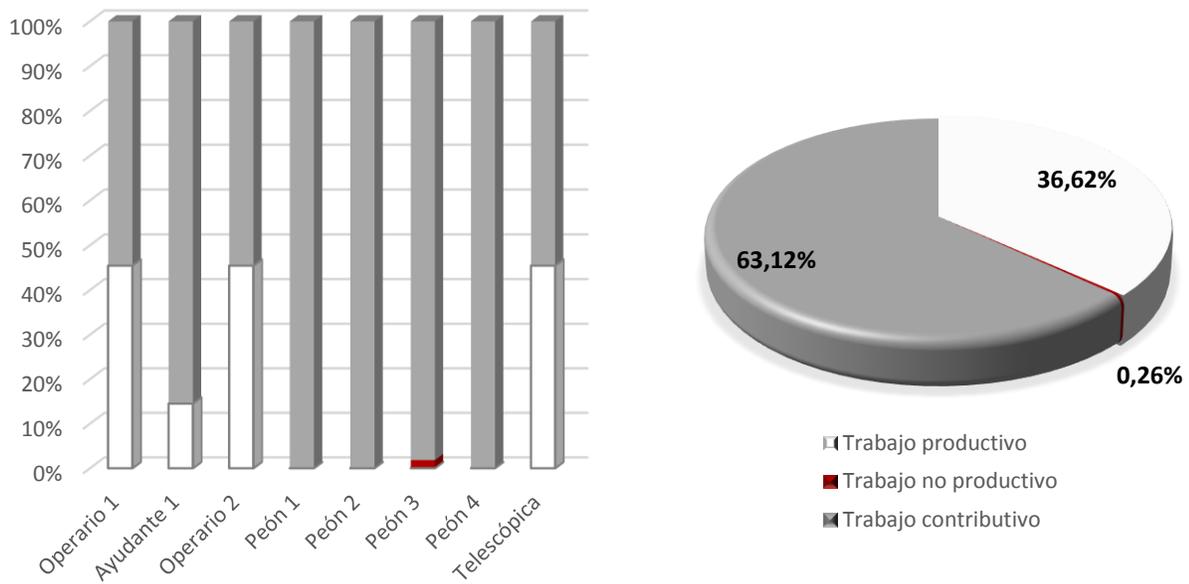


Figura 51. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Joel.

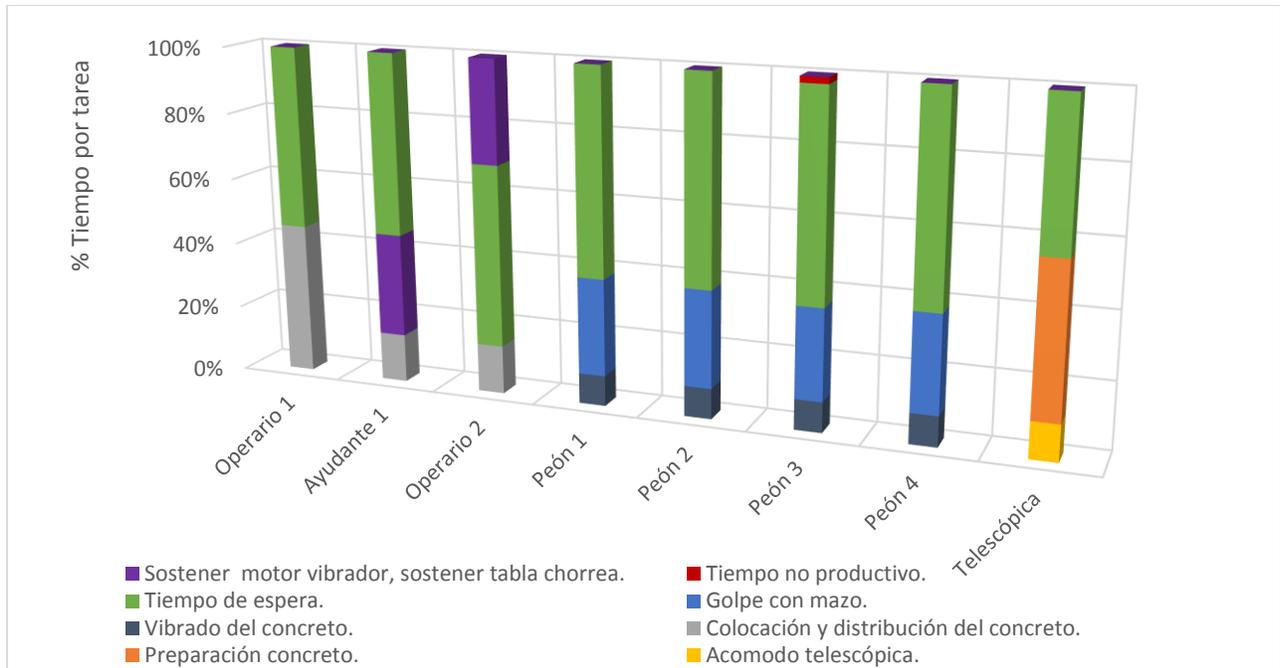


Figura 52. Crew balance del muestreo 2, Joel.

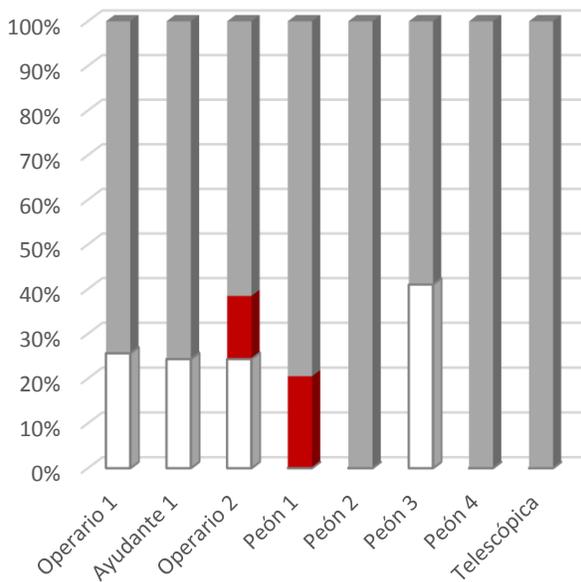


Figura 53. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Joel.

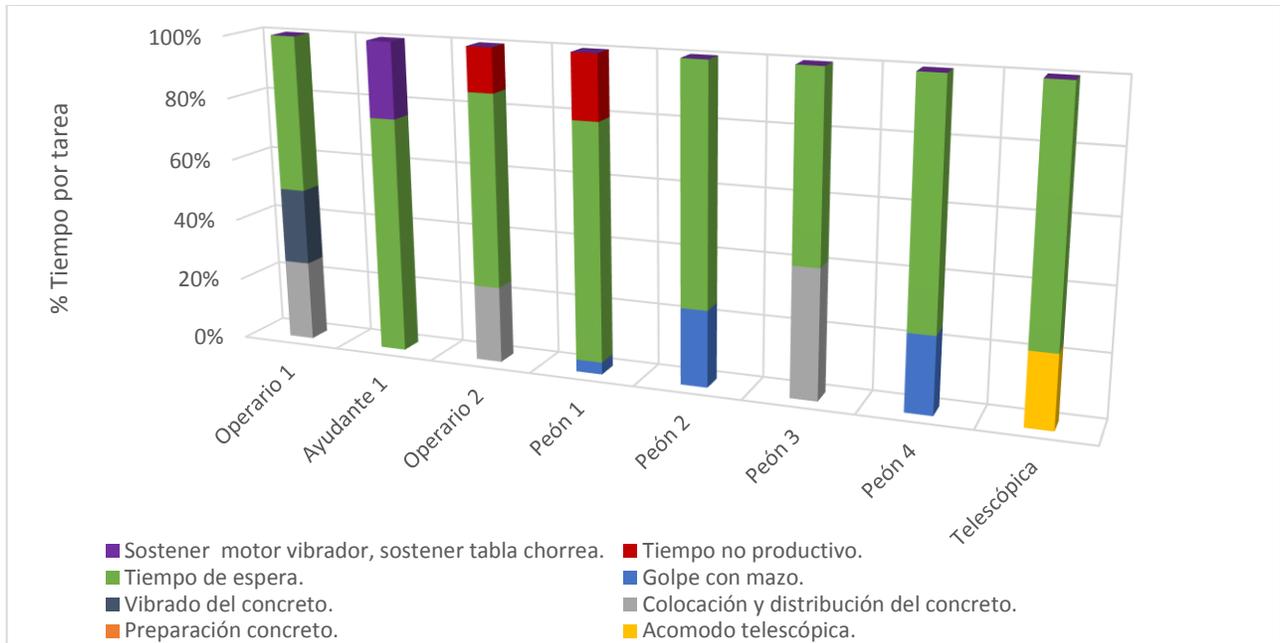


Figura 54. Crew balance del muestreo 3, Joel.

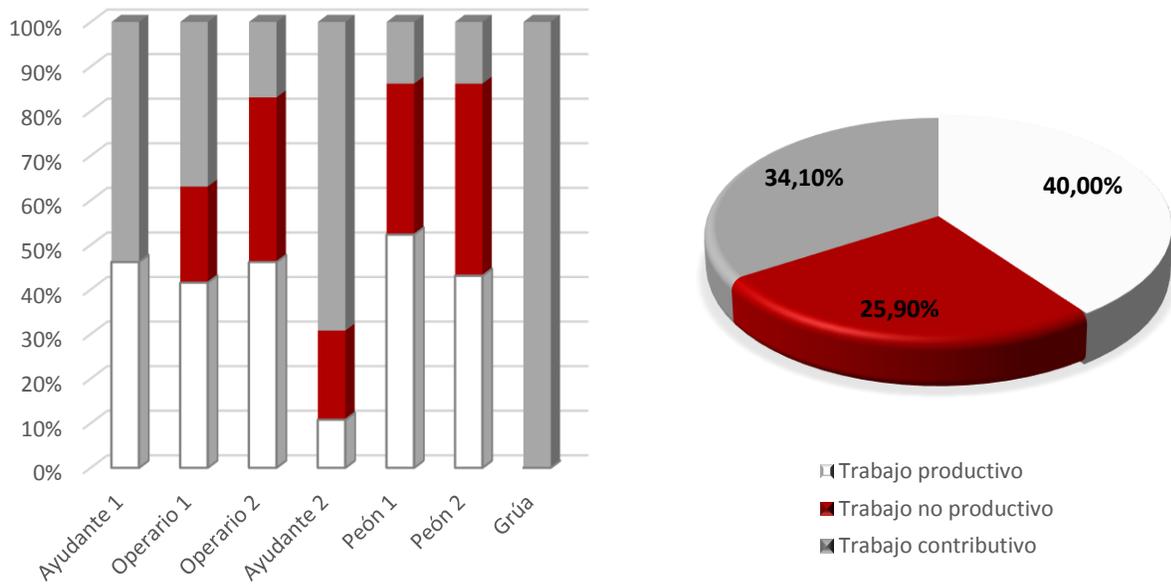


Figura 55. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Joel.

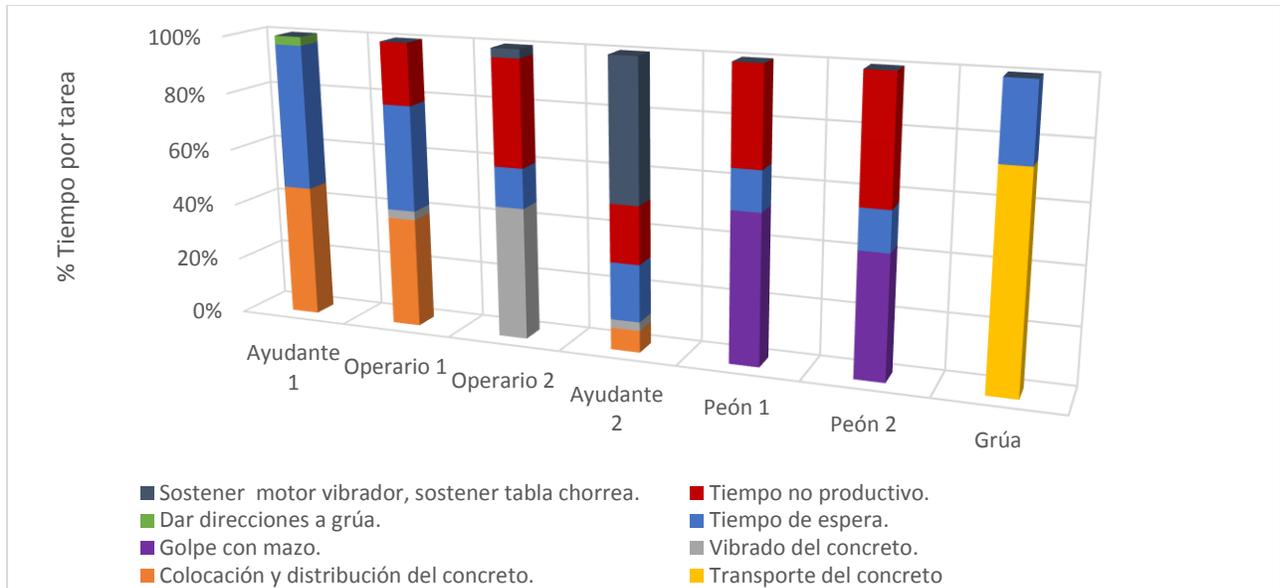


Figura 56. Crew balance del muestreo 4, Joel.

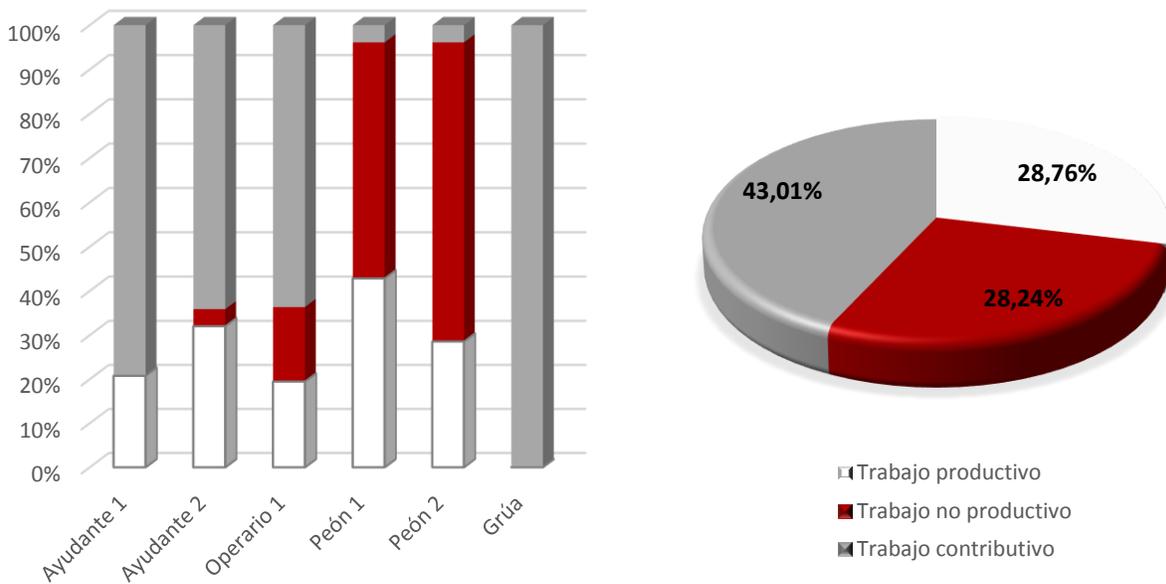


Figura 57. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Joel.

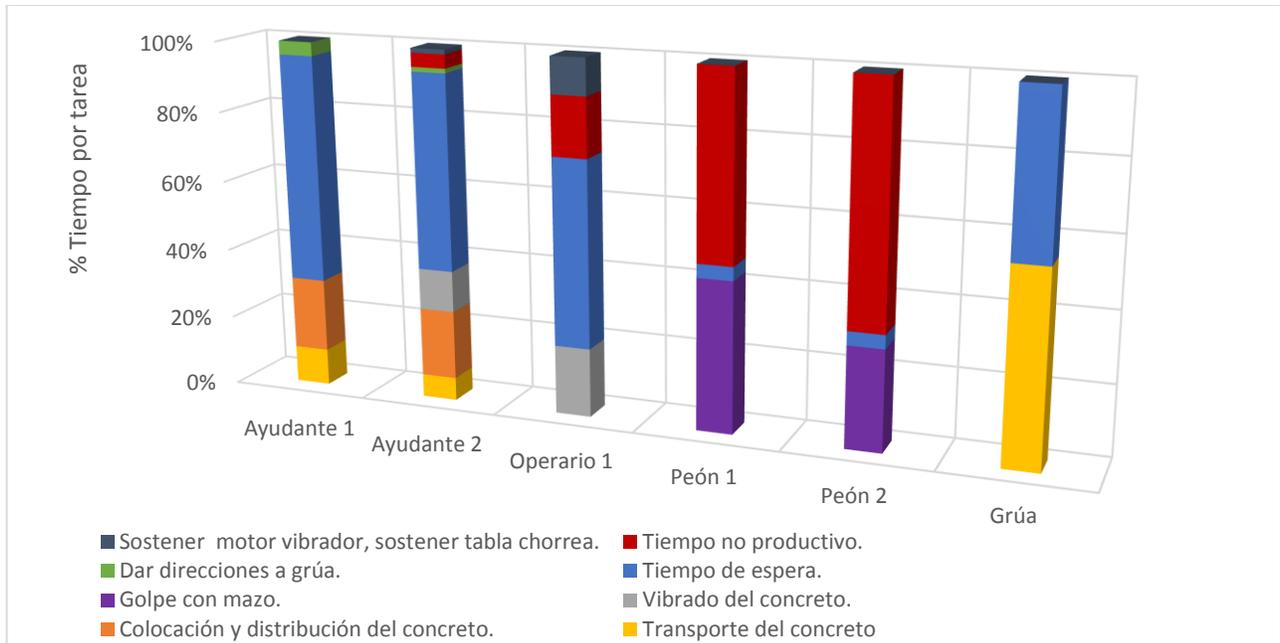


Figura 58. Crew balance del muestreo 5, Joel.

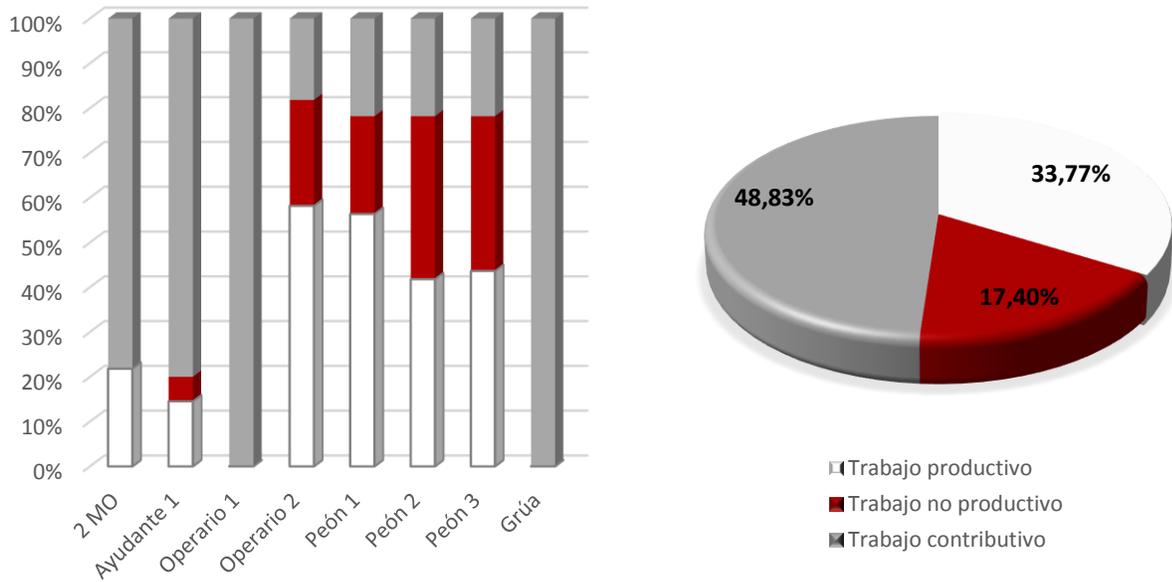


Figura 59. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Joel.

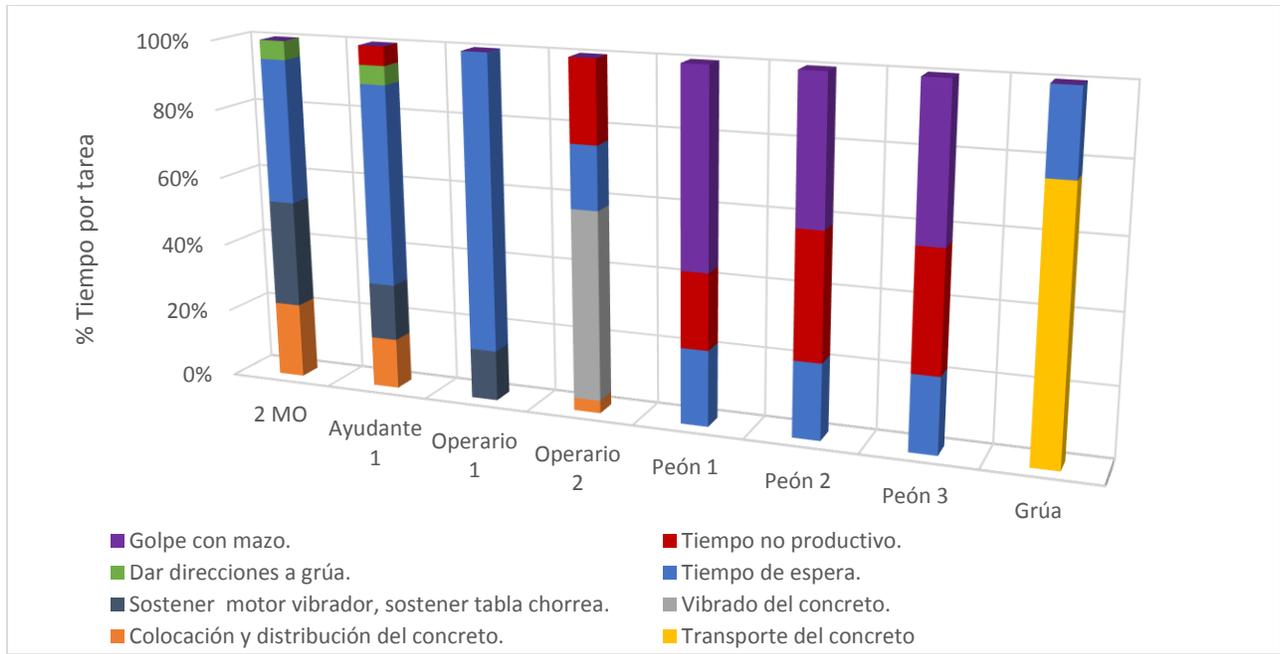


Figura 60. Crew balance del muestreo 6, Joel.

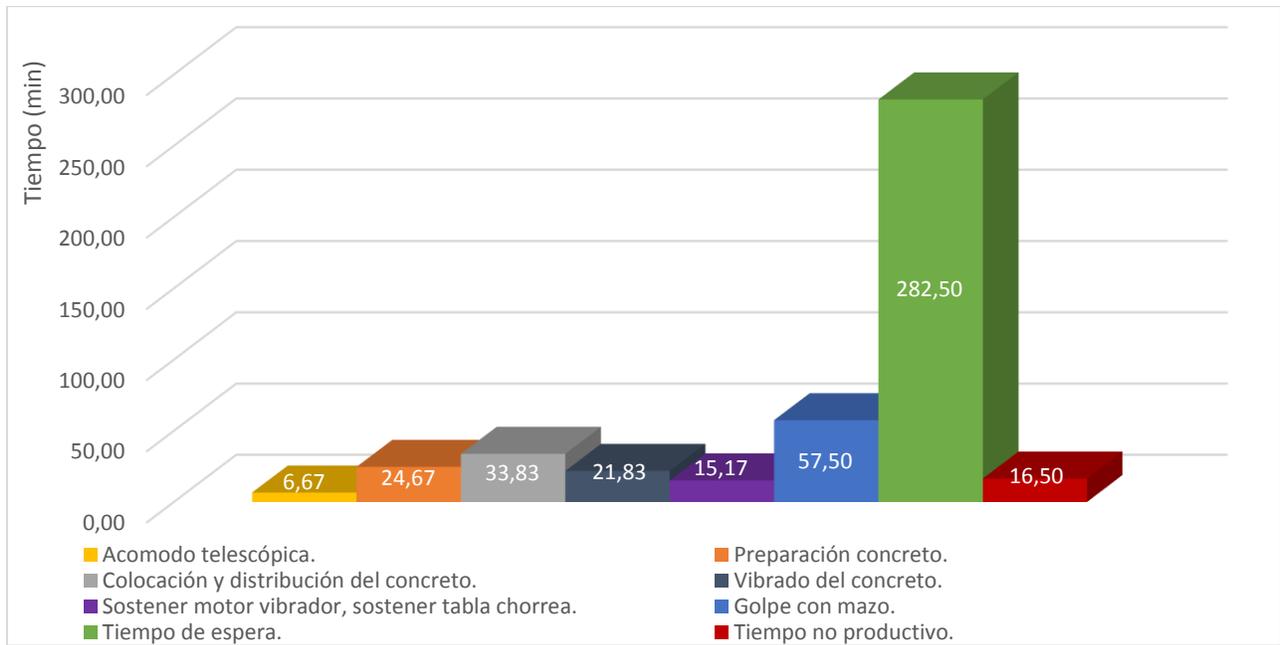


Figura 61. Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 tareas durante los 6 muestreos de chorrea con telescópica de Joel.

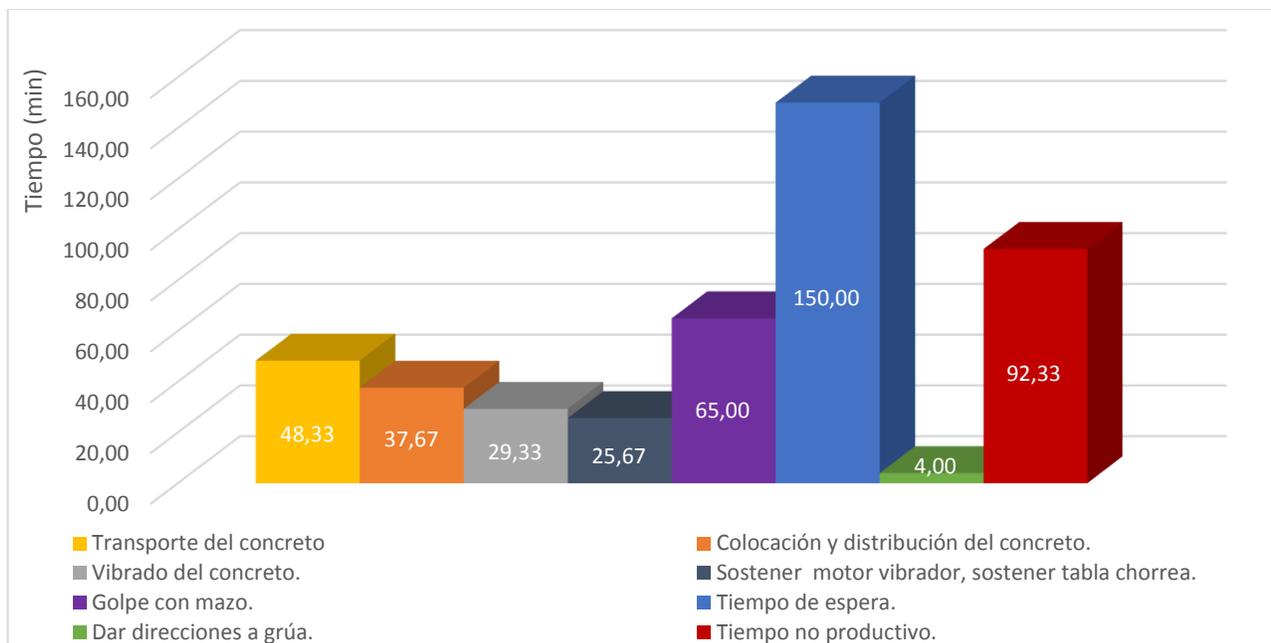


Figura 62. Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 tareas durante los 6 muestreos de chorrea con balde de Joel.

## Torre Sur: Maestro de obras Fermín

<b>CUADRO 13. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA CHORREA DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA FERMÍN</b>						
Muestreo	Nivel	Fecha	Hora medición	Clima	Temperatura	Int. medición
1	15,75 m	06/07/16	04:07:24 p.m.	Nublado	20 °C	20 seg
2	15,75 m	06/07/16	04:52:46 p.m.	Nublado	25 °C	5 seg
3	18,20 m	19/07/16	04:44:29 p.m.	Lluvioso	23 °C	30 seg
4	25,20 m	16/08/16	05:18:38 p.m.	Nublado	25° C	20 seg
5	25,20 m	17/08/16	04:43:42 p.m.	Nublado	24° C	30 seg.
6	28,35 m	30/08/16	04:33:43 p.m.	Lluvioso	24° C	20 seg

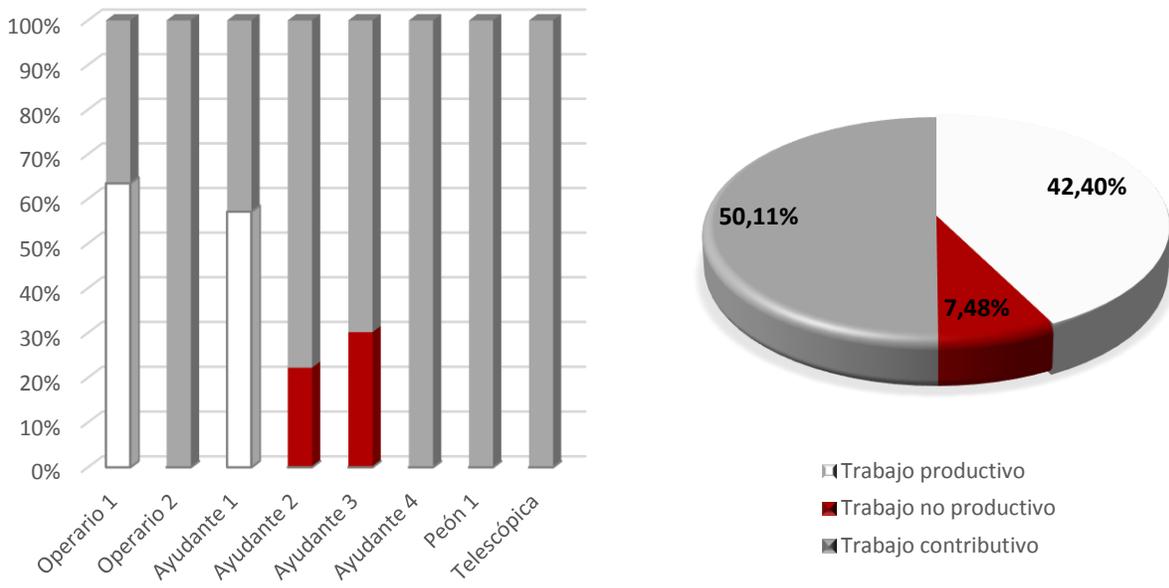


Figura 63. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Fermín.

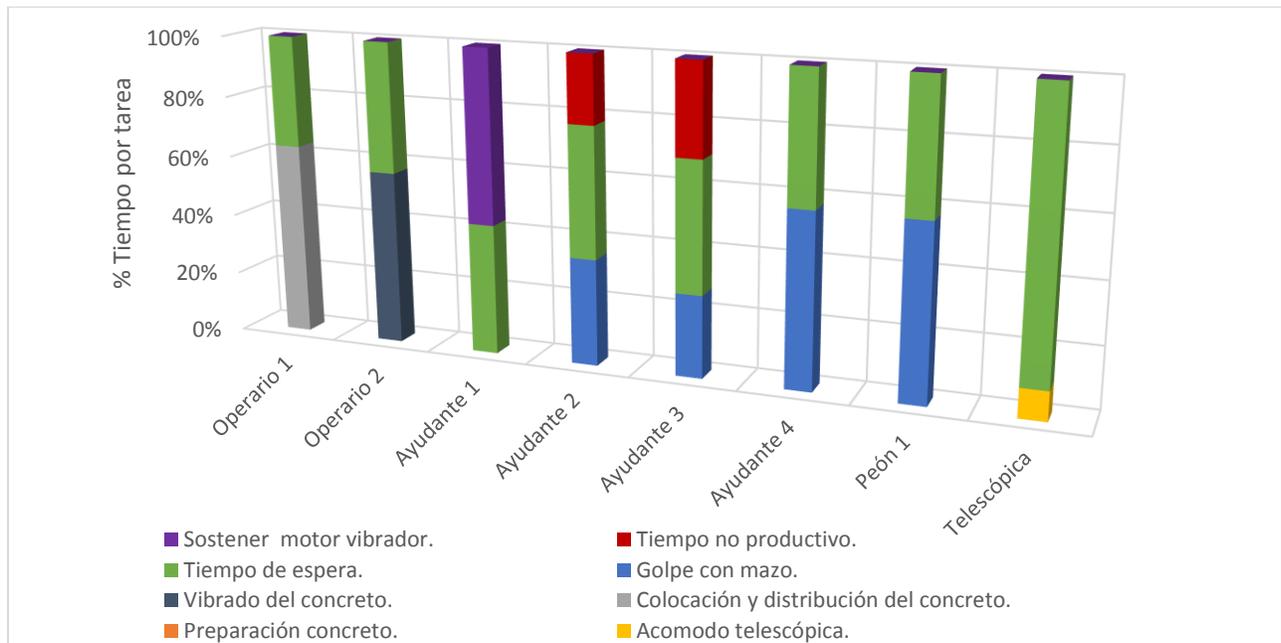


Figura 64. Crew balance del muestreo 1, Fermín.

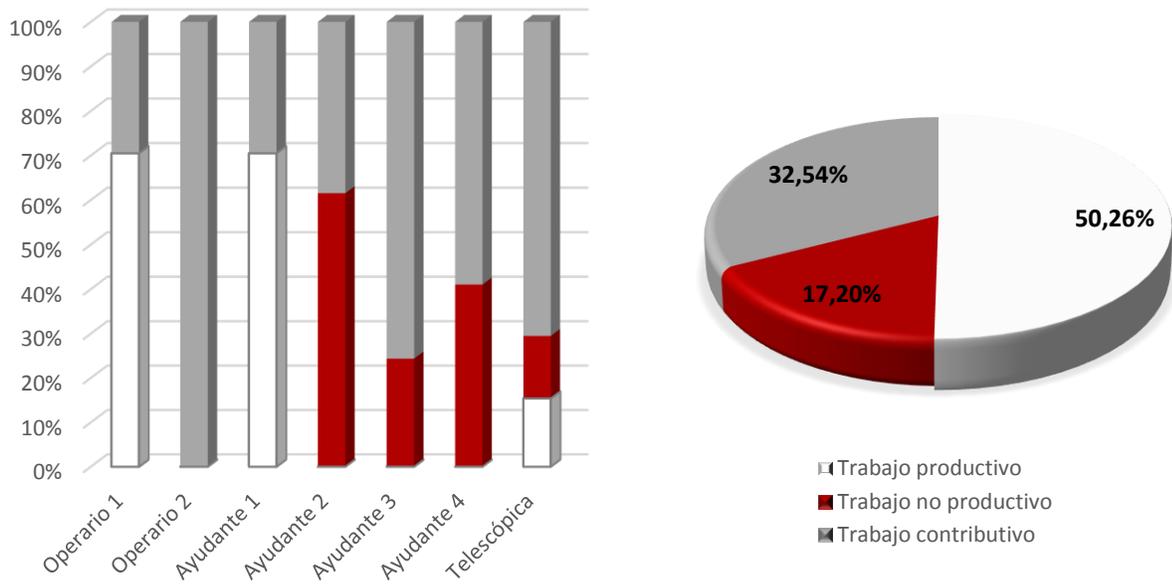


Figura 65. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Fermín.

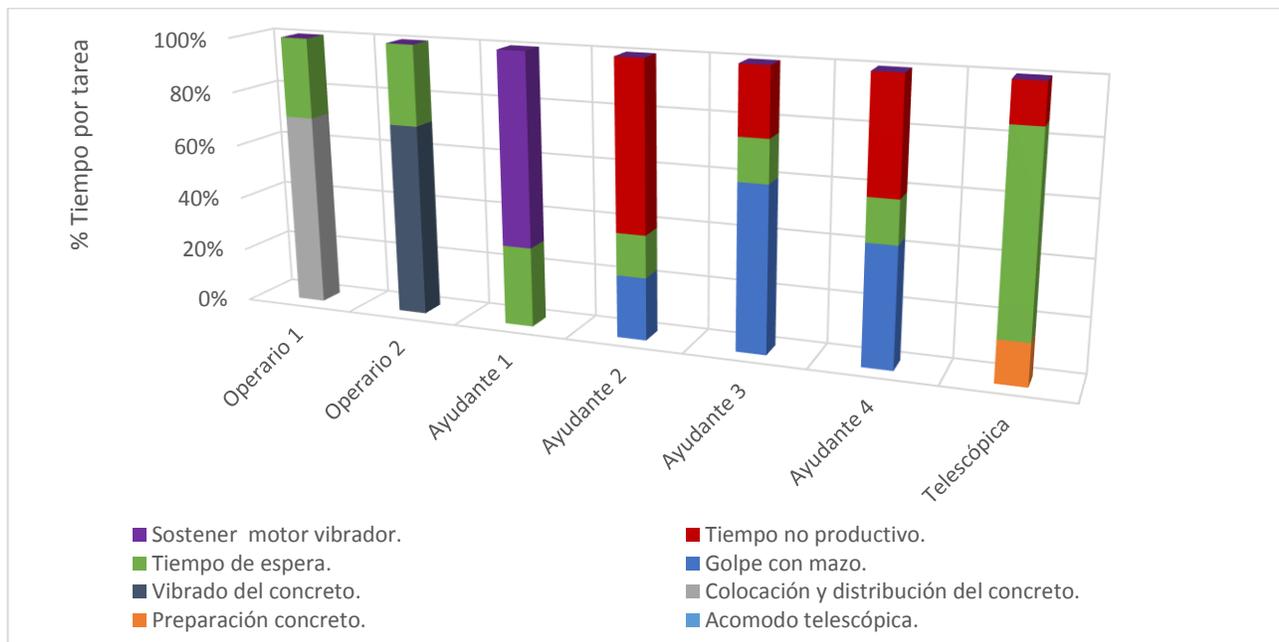
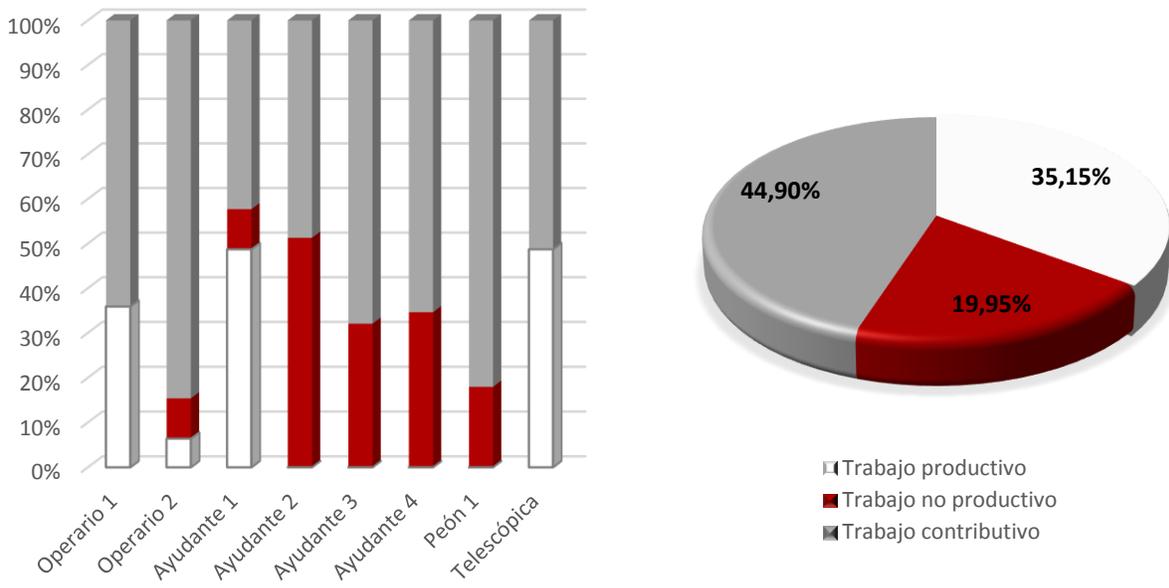
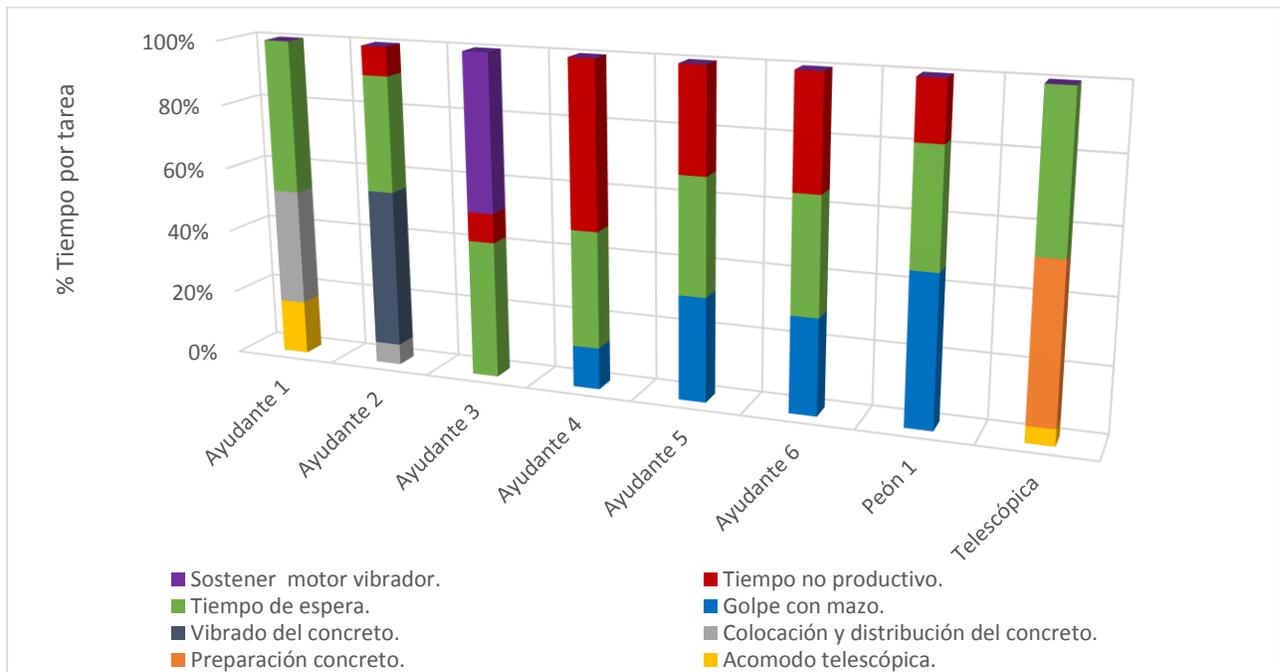


Figura 66. Crew balance del muestreo 2, Fermín.



**Figura 67.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Fermín.



**Figura 68.** Crew balance del muestreo 3, Fermín.

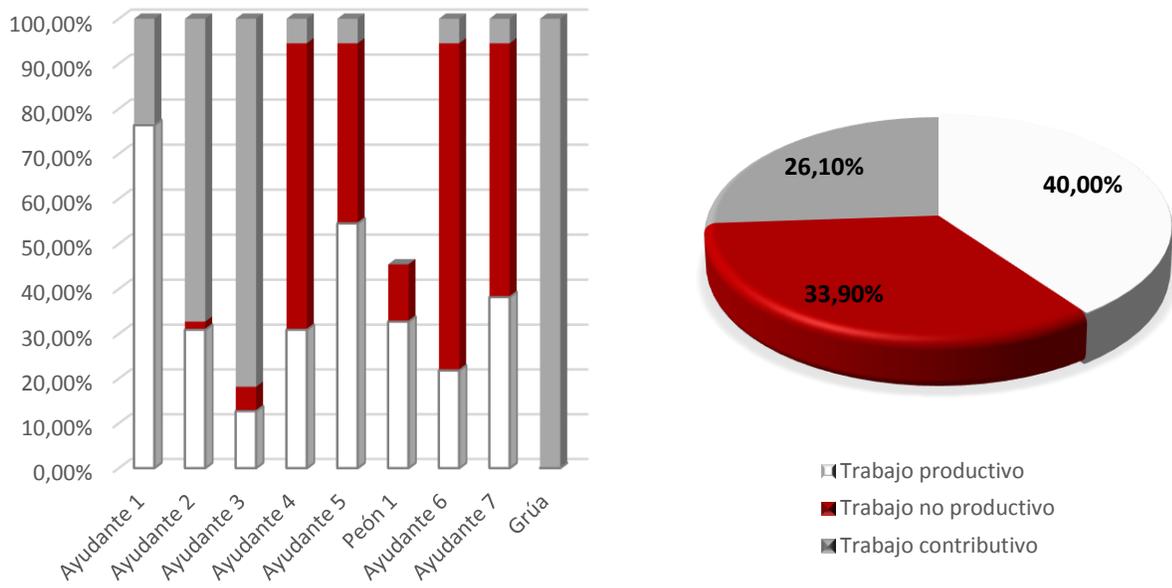


Figura 69. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Fermín.

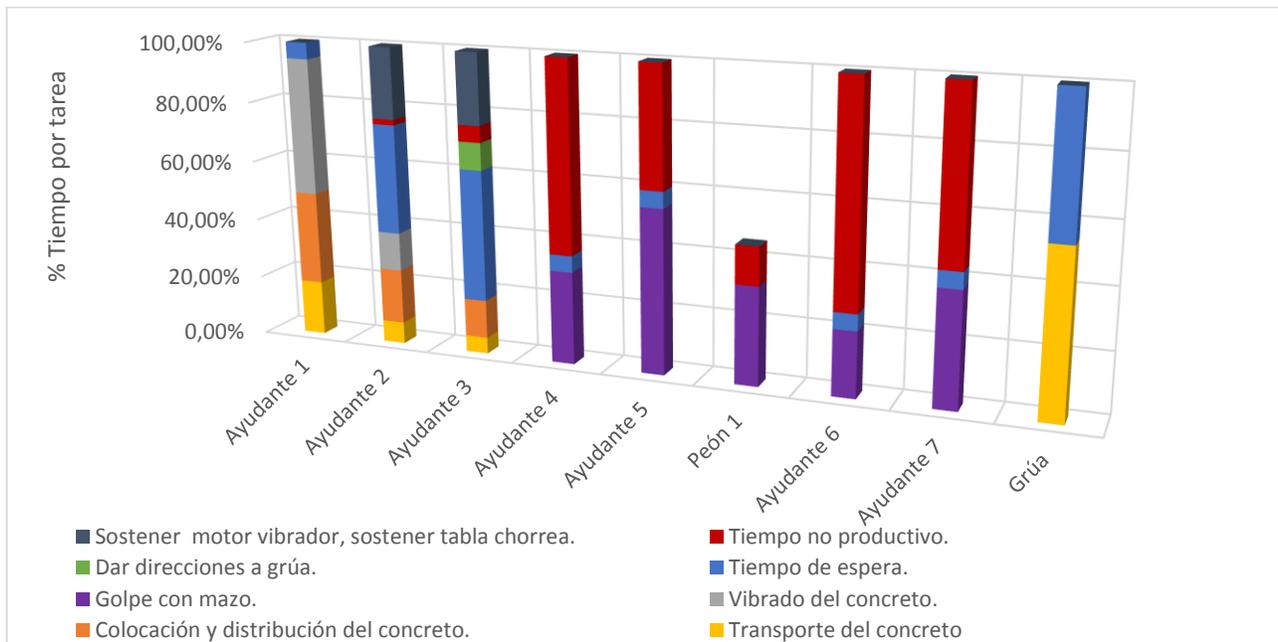
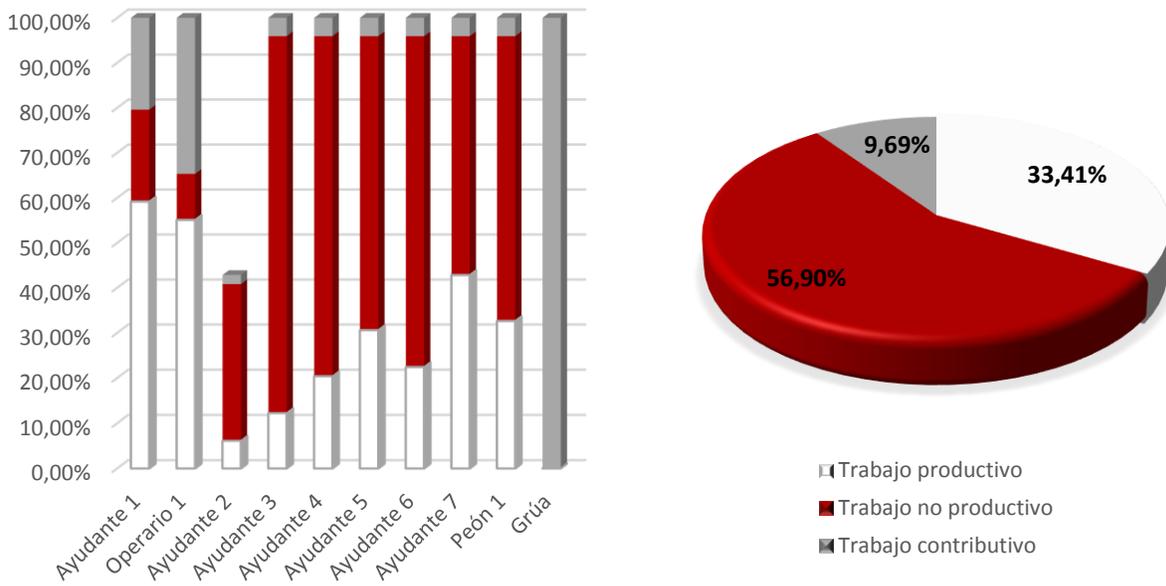
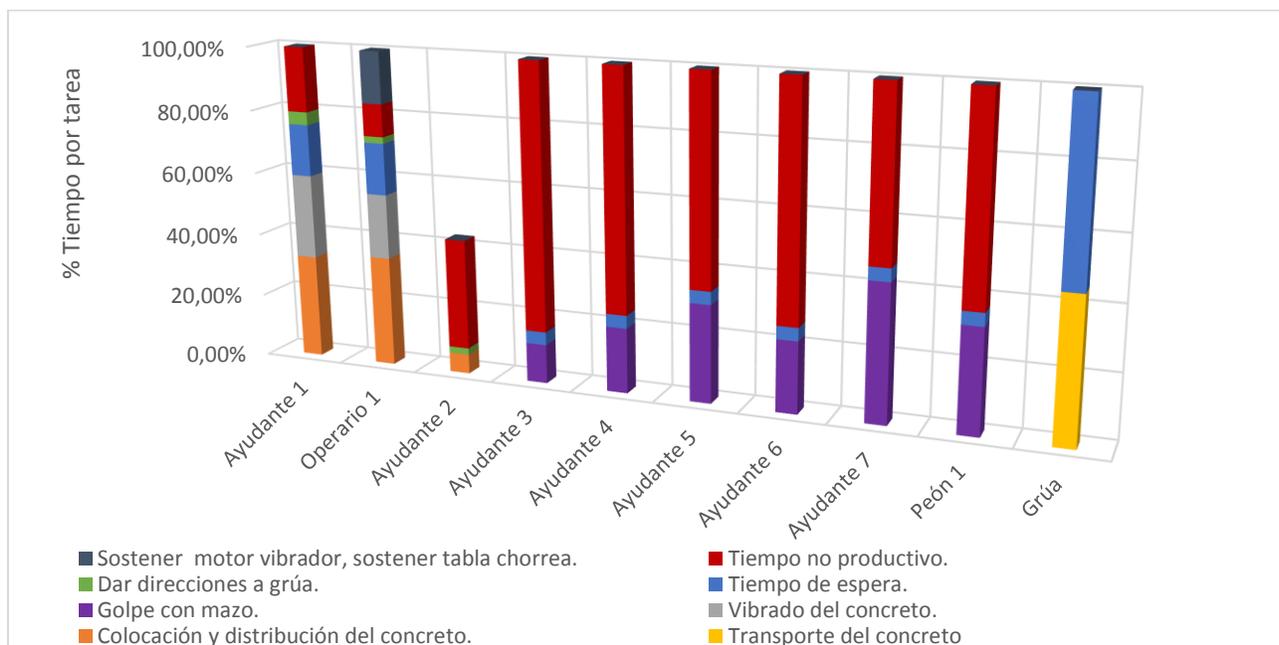


Figura 70. Crew balance del muestreo 4, Fermín.



**Figura 71.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Fermín.



**Figura 72.** Crew balance del muestreo 5, Fermín.

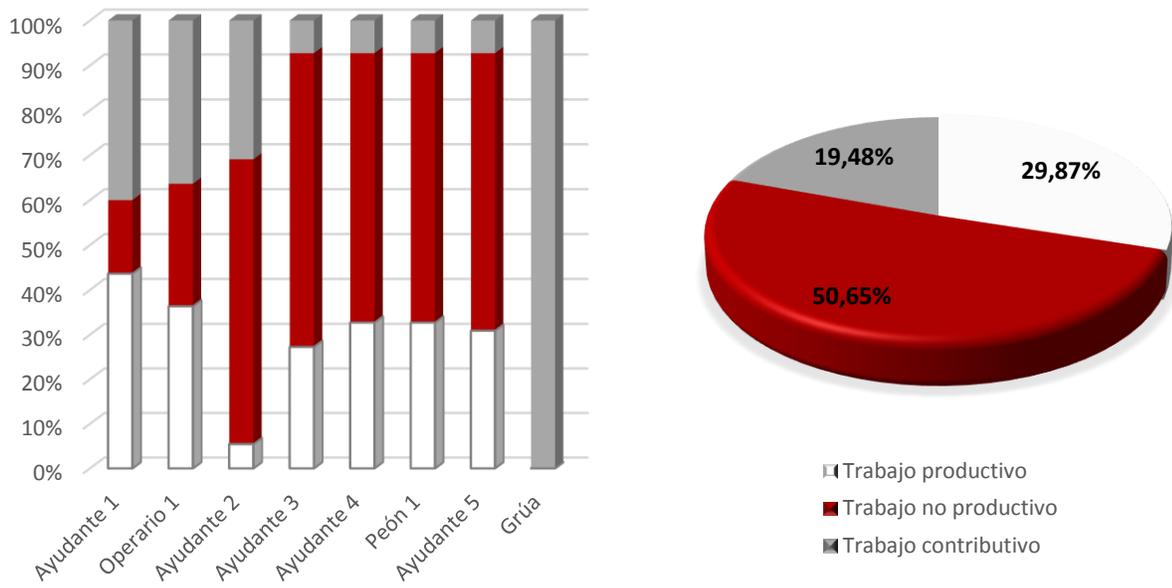


Figura 73. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Fermín.

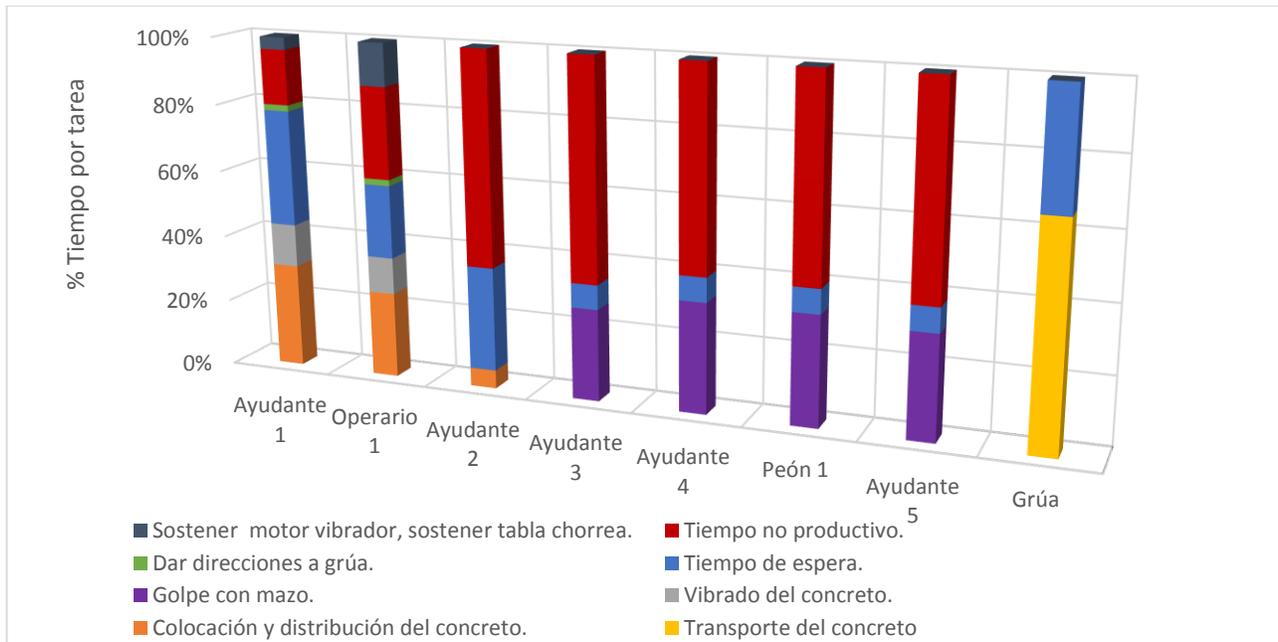
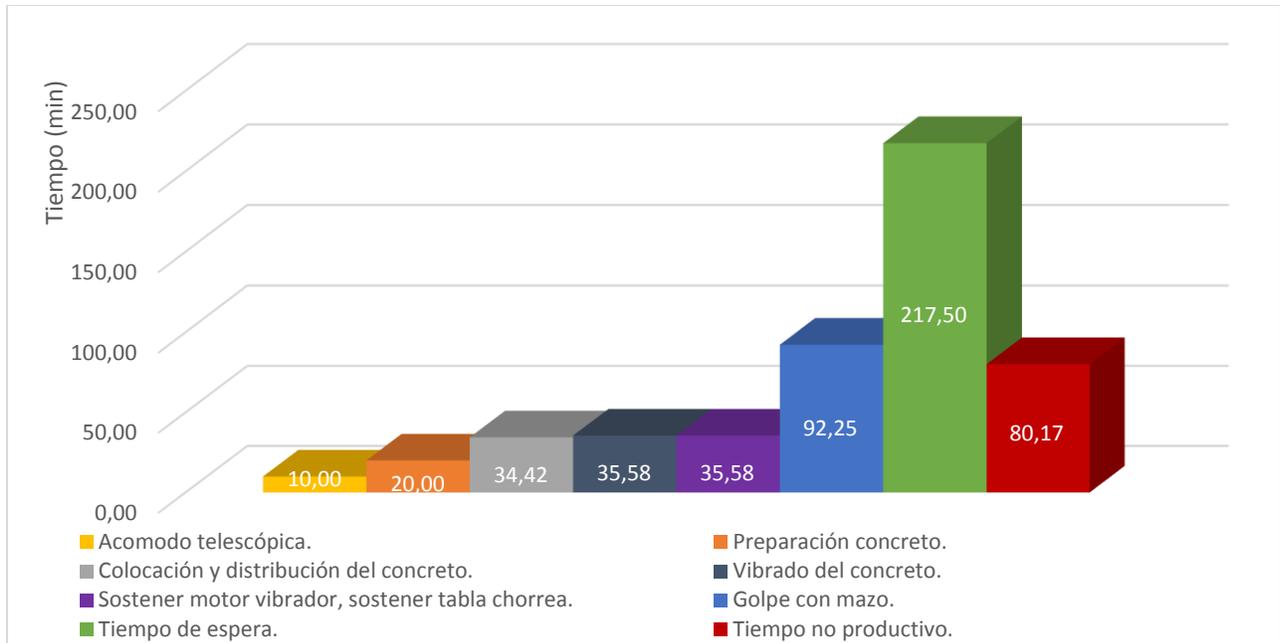
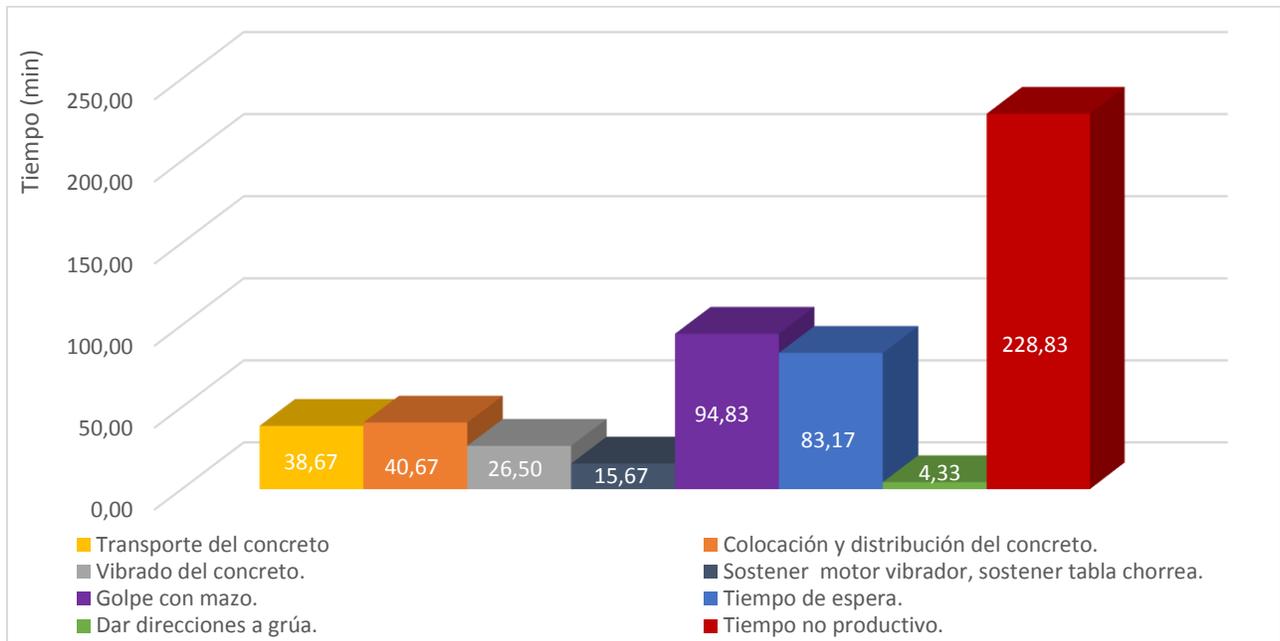


Figura 74. Crew balance del muestreo 6, Fermín.



**Figura 75.** Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 actividades durante los 6 muestreos de chorrea con telescópica de Fermín.



**Figura 76.** Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 actividades durante los 6 muestreos de chorrea con balde de Fermín.

Por último, a modo comparativo se grafican los resultados obtenidos por cada cuadrilla en tiempos productivos, no productivos y contributivos según

las mediciones realizadas (ver figuras 77, 78 y 79 respectivamente).

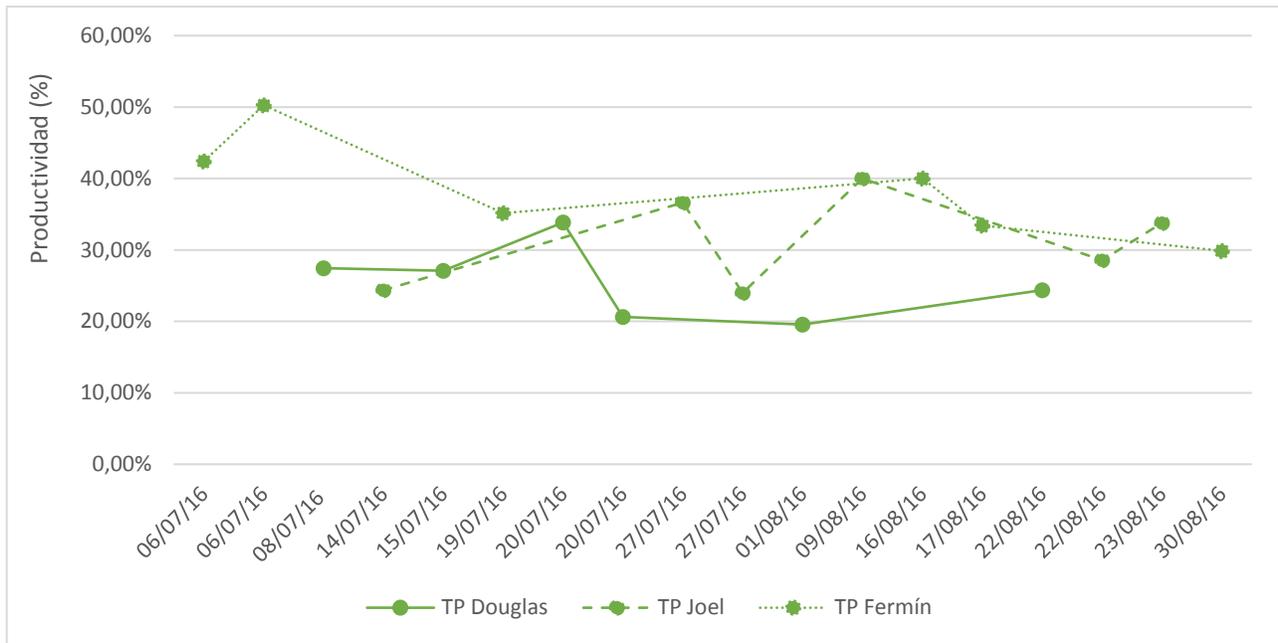


Figura 77. Comparación de tiempos productivos obtenidos por cada cuadrilla.

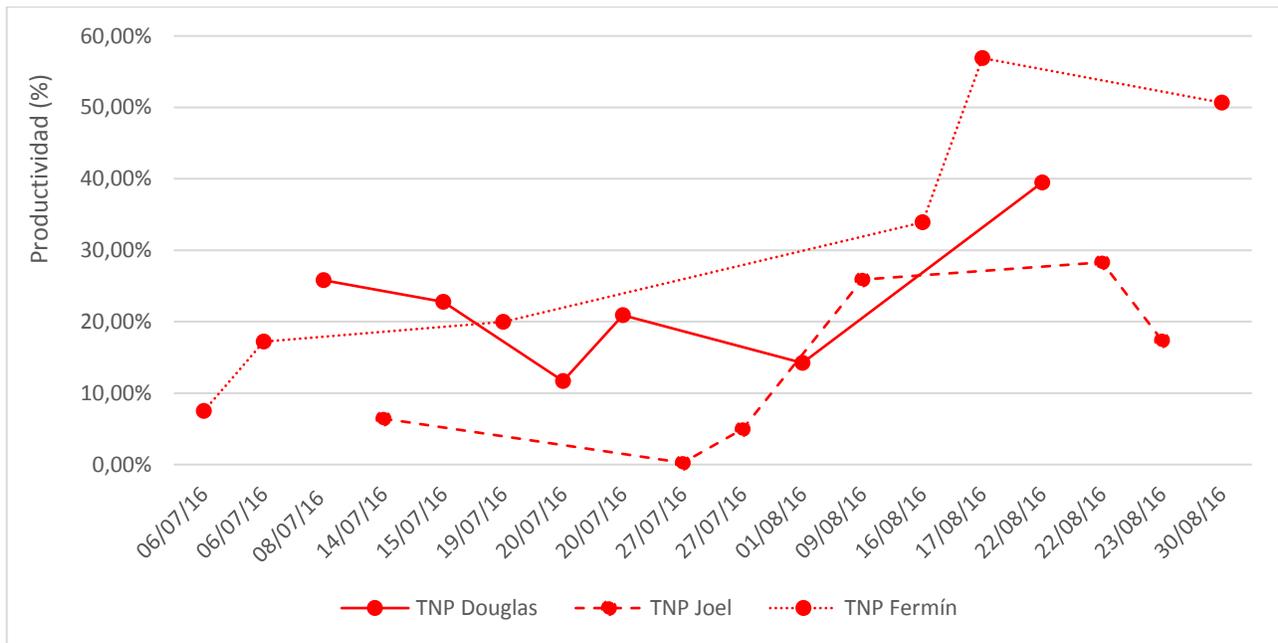
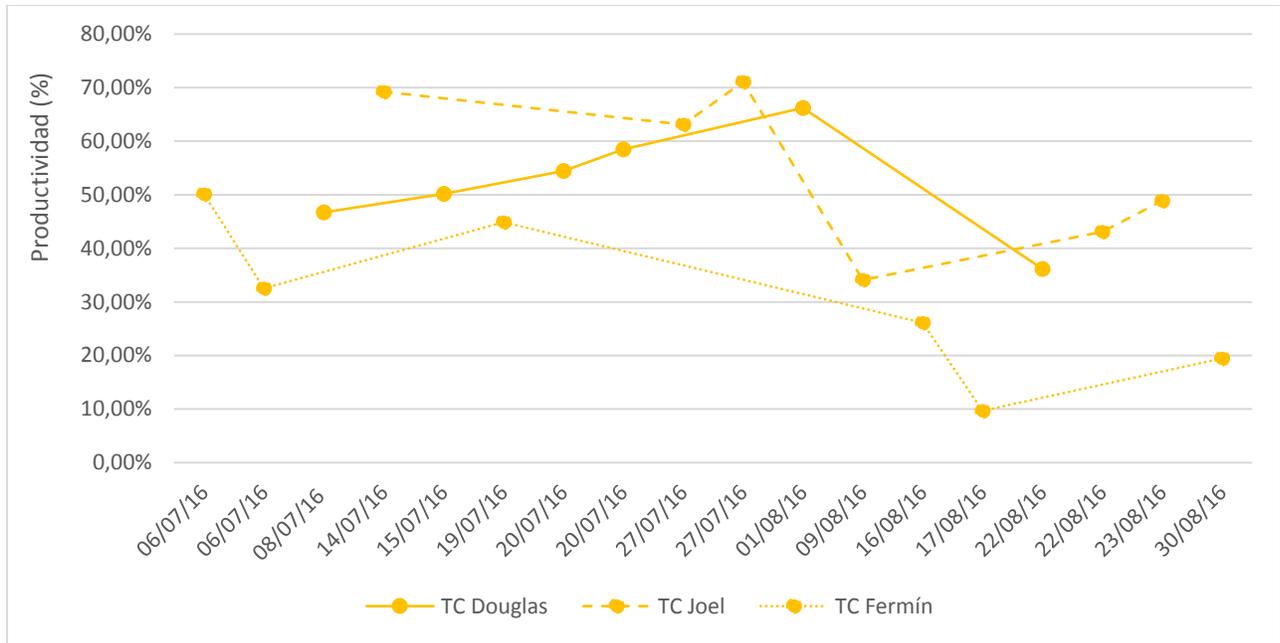


Figura 78. Comparación de tiempos no productivos obtenidos por cada cuadrilla.



**Figura 79.** Comparación de tiempos contributivos obtenidos por cada cuadrilla.

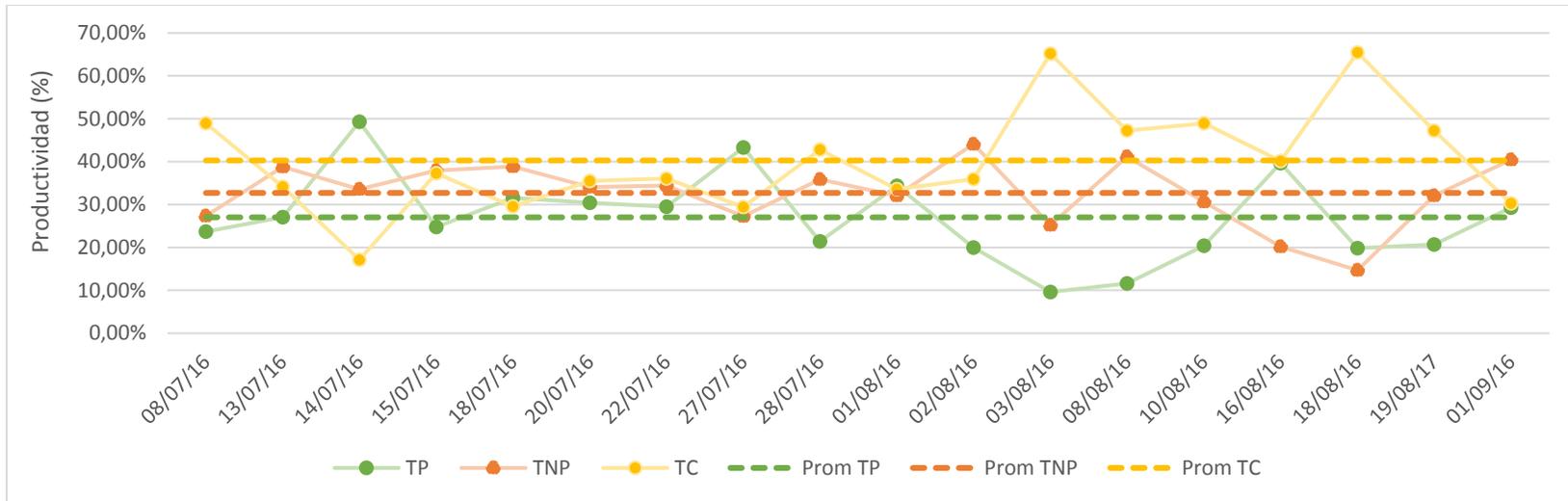
## Productividad general del proyecto QBO en la actividad de chorrea de muros y columnas

Se muestra a continuación, en la figura 80 el avance de la productividad en chorrea de muros y columnas para el proyecto en general, sin distinción de maestros de obras. Además en la misma figura se muestra el promedio obtenido del porcentaje de tiempo productivo, no productivo y contributivo.

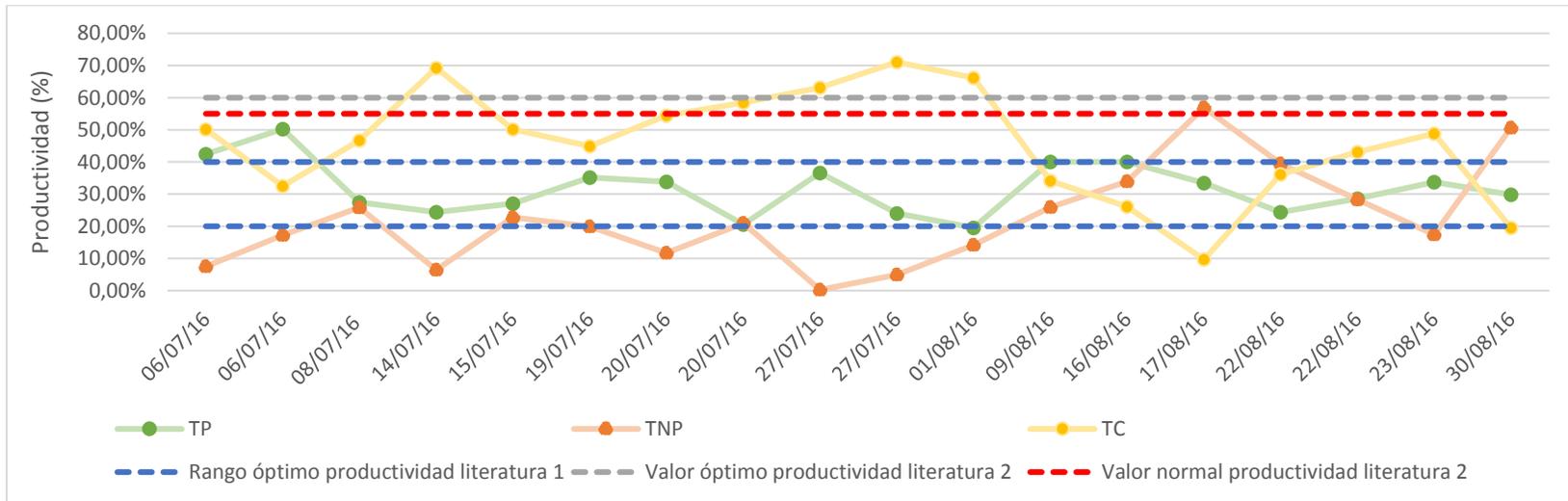
De igual forma, la figura 81 muestra el avance de la productividad en general, conforme fue avanzando el tiempo de mediciones, además de los valores de productividad recomendados por la literatura.

**CUADRO 14. RESUMEN DE PRODUCTIVIDADES MEDIDAS EN CHORREAS DE MUROS Y COLUMNAS**

Fecha	M.O	TP	TNP	TC	PROM TP	PROM TNP	PROM TC	TP GLOBAL	TNP GLOBAL	TC GLOBAL
08/07/16	Douglas	27,45%	25,82%	46,73%	25,48%	22,49%	52,03%	31,74%	22,46%	45,80%
15/07/16		27,08%	22,77%	50,15%						
20/07/16		33,85%	11,69%	54,46%						
20/07/16		20,62%	20,92%	58,46%						
01/08/16		19,56%	14,22%	66,22%						
22/08/16		24,36%	39,49%	36,15%						
14/07/16	Joel	24,36%	6,41%	69,23%	31,22%	13,87%	54,91%	31,74%	22,46%	45,80%
27/07/16		36,62%	0,26%	63,12%						
27/07/16		23,99%	4,95%	71,06%						
09/08/16		40,00%	25,90%	34,10%						
22/08/16		28,57%	28,31%	43,12%						
23/08/16		33,77%	17,40%	48,83%						
06/07/16	Fermín	42,40%	7,48%	50,11%	38,52%	31,01%	30,47%	31,74%	22,46%	45,80%
06/07/16		50,26%	17,20%	32,54%						
19/07/16		35,15%	19,95%	44,90%						
16/08/16		40,00%	33,90%	26,10%						
17/08/16		33,41%	56,90%	9,69%						
30/08/16		29,87%	50,65%	19,48%						



**Figura 80.** Avance general de la productividad en el proyecto QBO.



**Figura 81.** Valores óptimos de productividad según literatura.

# Encofrado y desencofrado de muros y columnas

Al igual que con la actividad de chorrea de muros y columnas, se procede a recopilar posibles causas que afectan la productividad en el encofrado y desencofrado de muros y columnas con base en los datos obtenidos en las encuestas,

las observaciones realizadas en campo y las encuestas ejecutadas a los maestros de obra. Dichas causas se representan mediante el diagrama Ishikawa ilustrado en la figura 82.

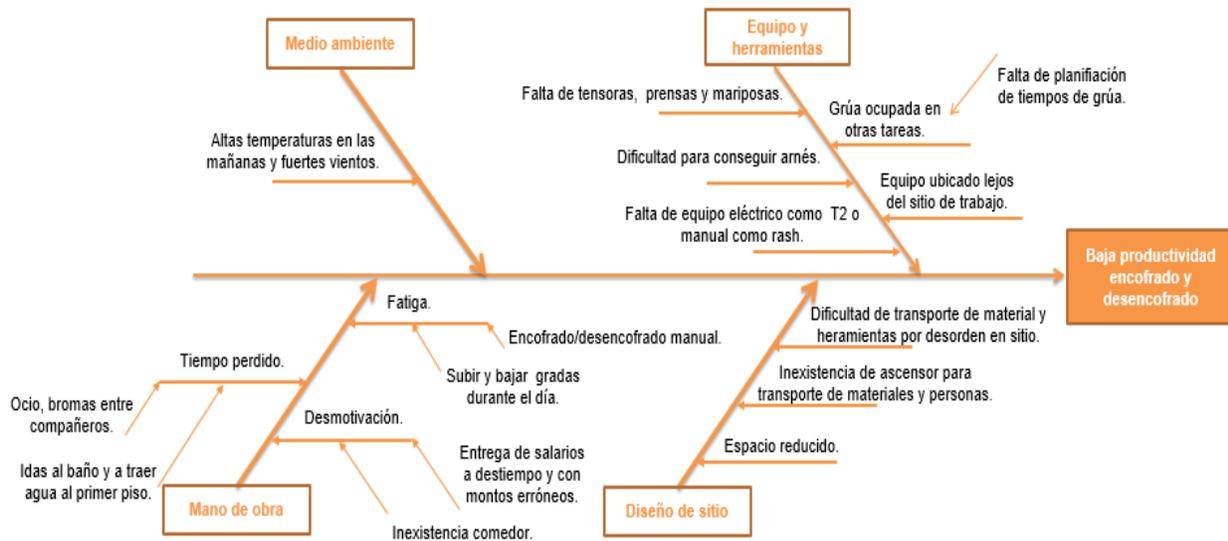
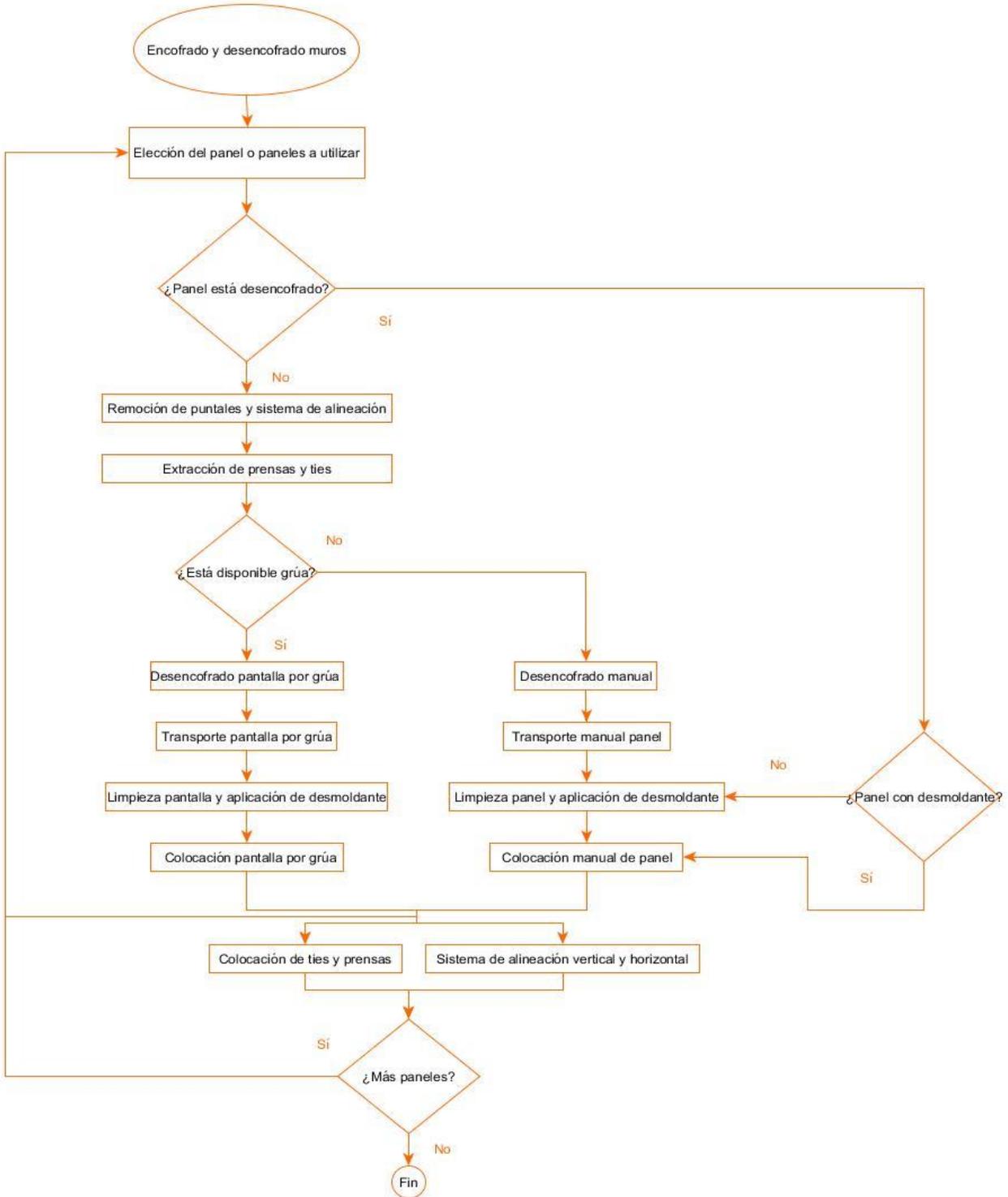


Figura 82. Diagrama Ishikawa para encofrado y desencofrado de muros y columnas.

Se representa gráficamente la actividad de encofrado y desencofrado en un mismo diagrama de flujo (ver figura 83), en el cual se figuran ambos

procesos dependientes uno de otro y sus diferentes posibles escenarios.



**Figura 83.** Diagrama de flujo de la actividad de chorrea de muros y columnas.

De igual manera se definen los recursos: humanos, materiales, herramientas y equipos

necesarios para la realización de las actividades de encofrado y desencofrado de muros y

columnas. Como se puede observar en los cuadros 15 y 16 se realiza la distinción de cuando

la actividad es realizada manualmente o mediante la ayuda de la grúa.

<b>CUADRO 15. RECURSOS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MANUAL</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Recurso humano</b>			<b>Materiales</b>	<b>Equipo y herramientas</b>
	<b>Douglas</b>	<b>Joel</b>	<b>Fermín</b>		
Remoción de puntales y sistema de alineación				-	-Rash -Martillo - Alicate
Extracción de prensas y ties				-	Martillo
Extracción de panel				-	Barra
Transporte manual panel				-	Varilla
Limpieza y aplicación de desmoldante	Cuadrilla total: -3 operarios -3 ayudantes	Cuadrilla total: -2 operarios -3 ayudantes	Cuadrilla total: -3 operarios -3 ayudantes	Desmoldante	-Pala -Taladro - Tornillo con rosca
Colocación manual de panel	(Número de integrantes varía según muro)	(Número de integrantes varía según muro)	(Número de integrantes varía según muro)	-	Formaleta
Colocación de ties y prensas				-Tubos y campanas para rod ties	-Ties -Prensas -Mariposas
Colocación de sistema de alineación vertical y horizontal				Alambre negro	-Tensoras (puntales) -Cinta métrica -Nivel - Varillas -Plomos

<b>CUADRO 16. RECURSOS ENCOFRADO Y DESENCOFRADO GRÚA</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Recurso humano</b>			<b>Materiales</b>	<b>Equipo y herramientas</b>
	<b>Douglas</b>	<b>Joel</b>	<b>Fermín</b>		
Remoción de puntales y sistema de alineación	Cuadrilla total: -3 operarios -3 ayudantes  (Número de integrantes varía según muro)	Cuadrilla total: -2 operarios -3 ayudantes  (Número de integrantes varía según muro)	Cuadrilla total: -3 operarios -3 ayudantes  (Número de integrantes varía según muro)	-	-Rash -Martillo - Alicate
Extracción de ties				-	Martillo
Extracción de pantalla				-	Barra
Transporte de panel con grúa				-	Grúa
Limpieza y aplicación de desmoldante				Desmoldante	-Pala -Taladro - Tornillo con rosca
Colocación manual de pantalla				-	Formaleta
Colocación de ties				Tubos y campanas para rod ties	-Ties -Mariposas
Colocación de sistema de alineación vertical y horizontal				Alambre negro	-Tensoras (puntales) -Cinta métrica -Nivel - Varillas -Plomos

## Productividad

Se muestra en el cuadro 17 el código de actividades y su respectiva clasificación (trabajo productivo, no productivo y contributivo) para los

muestreos realizados para la actividad de encofrado y desencofrado de muros y columnas.

<b>CUADRO 17. CÓDIGO DE TAREAS PARA ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS</b>		
<b>Código</b>	<b>Actividad</b>	<b>Clasificación</b>
T1	Escogencia y desencofrado panel.	Trabajo contributivo.
T2	Transporte de paneles.	Trabajo contributivo.
T3	Aplicación de desmoldante.	Trabajo productivo.
T4	Colocación panel	Trabajo productivo.
T5	Colocación ties, prensas.	Trabajo productivo.
T6	Apuntalamiento, sistema de alineación.	Trabajo productivo.
T7	Mediciones, limpieza, tiempo de espera y trabajos complementarios.	Trabajo contributivo.
T8	Tiempo no productivo.	Trabajo no productivo.

### Torre Norte: Maestro de obras Douglas

Al igual que la actividad de chorrea, se presentan los resultados de productividad evaluados como se observa en las figuras 84-85 del muestreo 1 para la cuadrilla del maestro de obras Douglas. Lo anterior, se repite para cada uno de los 18 muestreos realizados de productividad para los 3

maestros de obras en las figuras 86-95, 97-108, 110-121.

De igual forma al inicio de cada muestra de resultados por maestro de obras se presenta un cuadro resumen de las condiciones con los que fueron realizados las mediciones, como lo indican los cuadros 18-20.

<b>CUADRO 18. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA DOUGLAS</b>						
<b>Muestreo</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora medición</b>	<b>Clima</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Int. medición</b>
1	28,35 m	14/07/16	02:57:22 p.m.	Soleado	25° C	30 seg
2	28,35 m	20/07/16	09:59:56 a.m.	Soleado	27° C	20 seg
3	31,50 m	28/07/16	07:25:00 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
4	31,50 m	01/08/16	07:25:00 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
5	34,65 m	08/08/16	08:33:47 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
6	34,65 m	10/08/16	07:46:37 a.m.	Soleado	26°C	10 seg

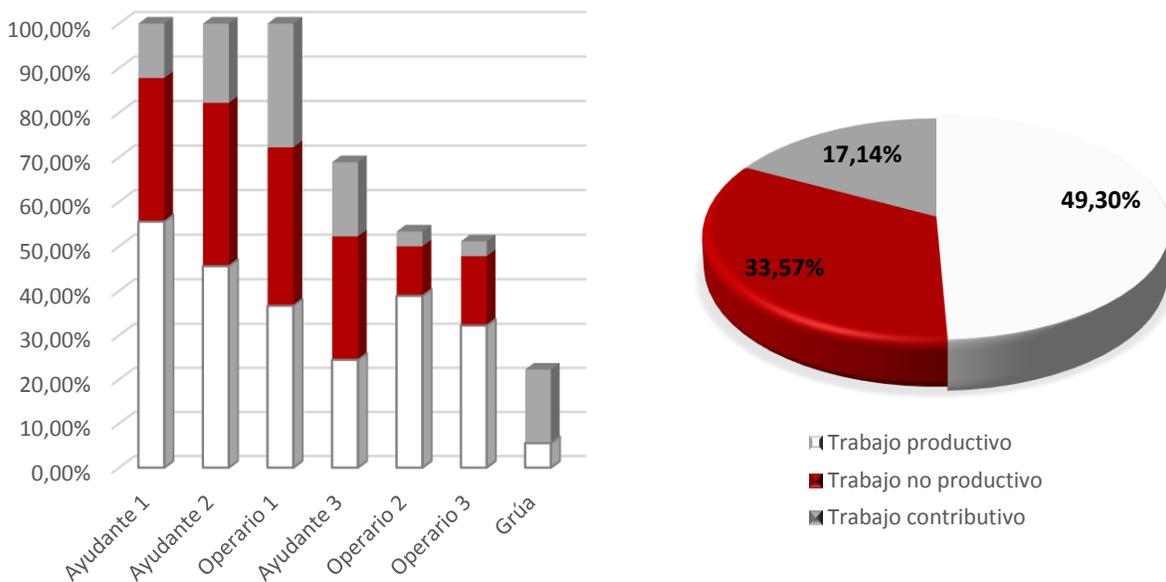


Figura 84. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Douglas.

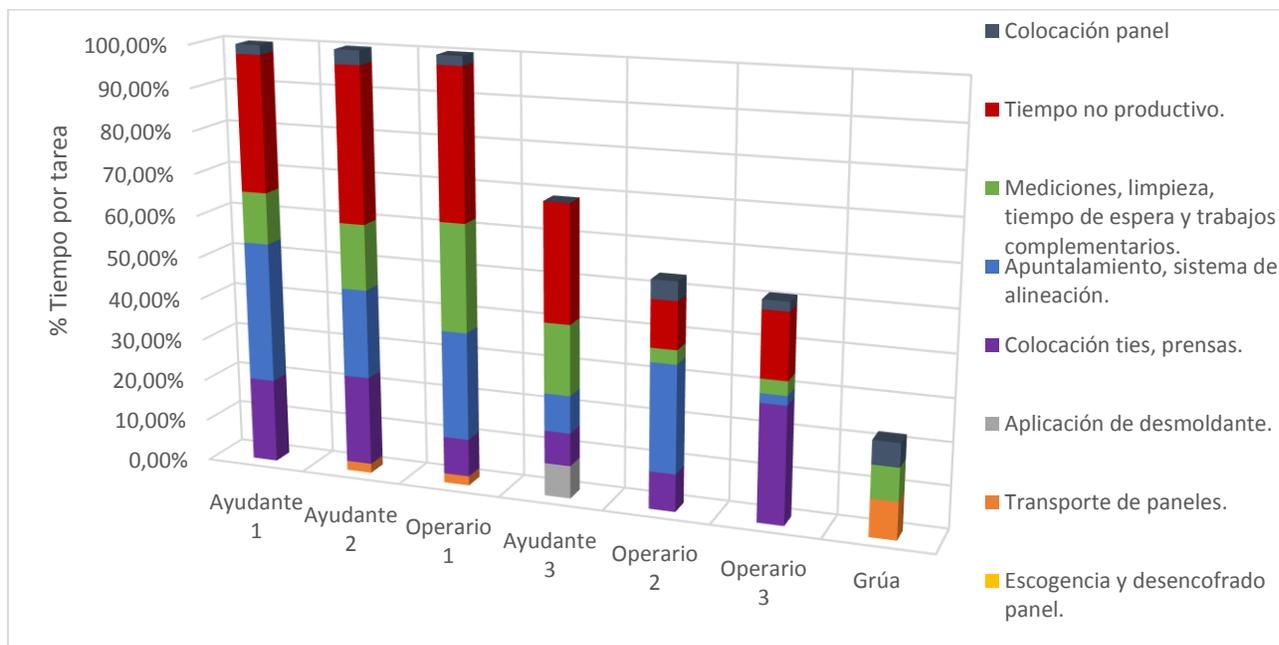


Figura 85. Crew balance del muestreo 1, Douglas.

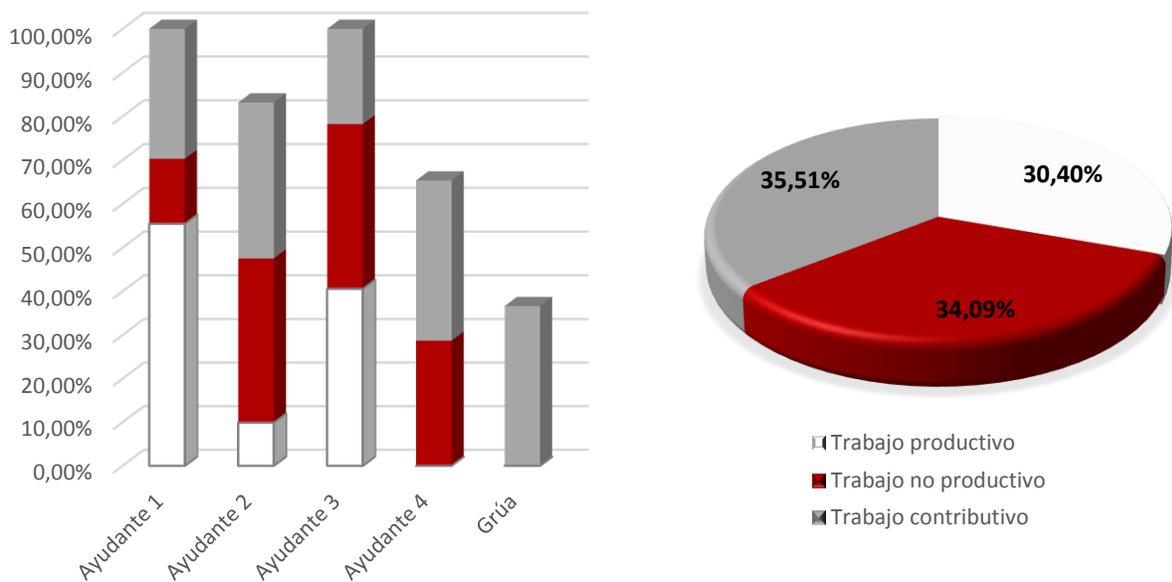


Figura 86. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Douglas.

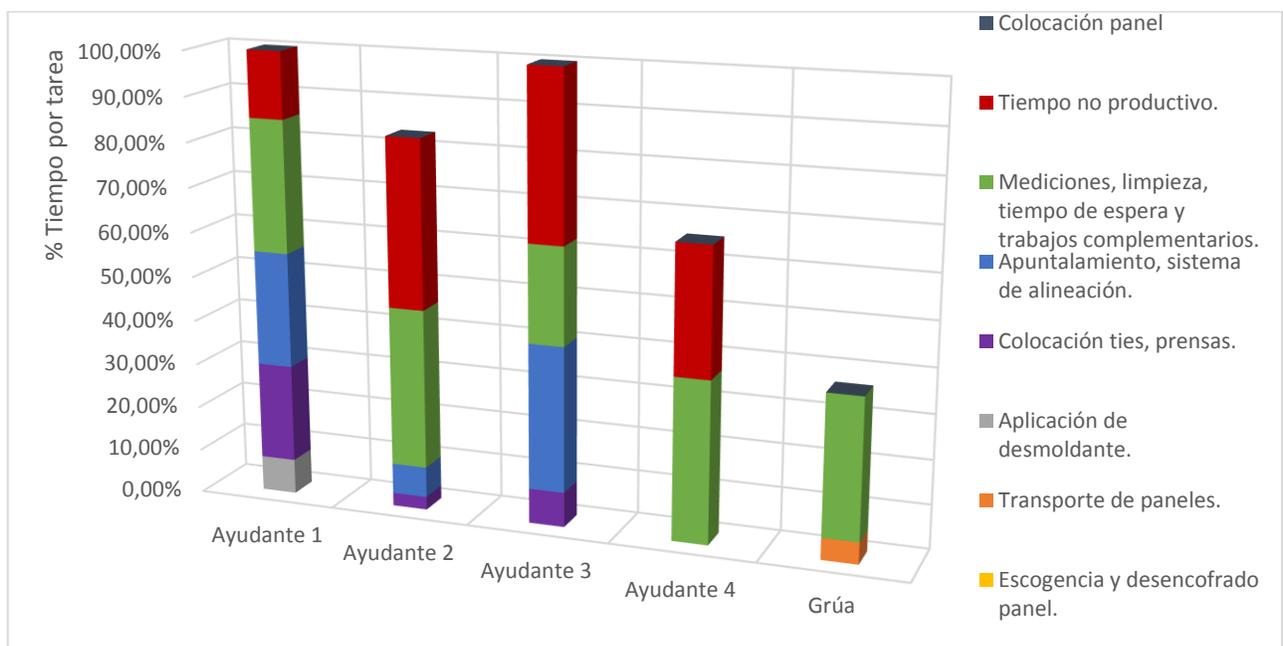
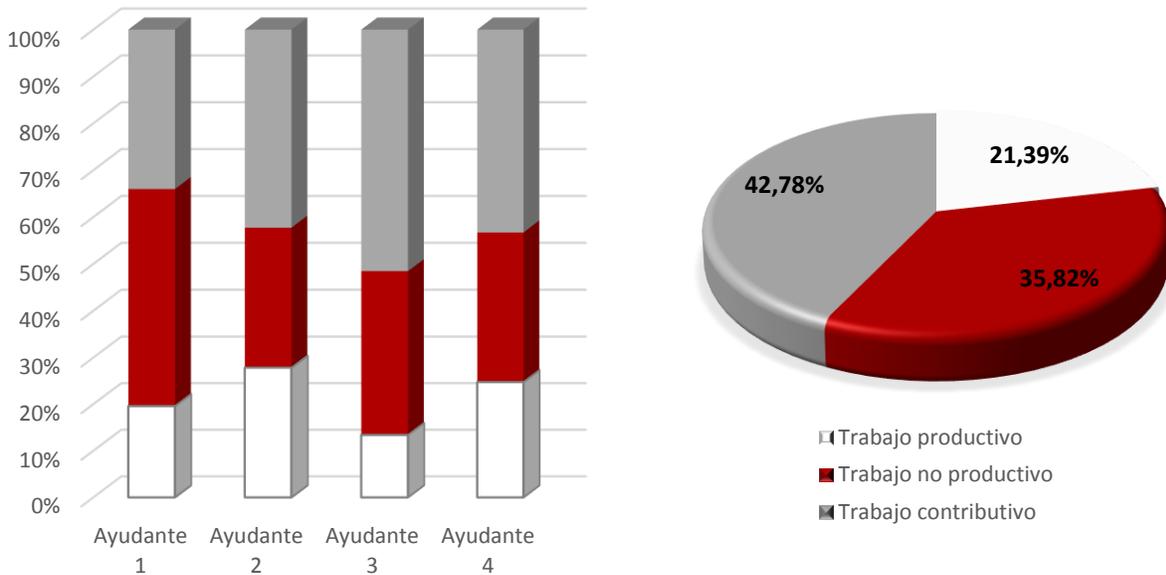
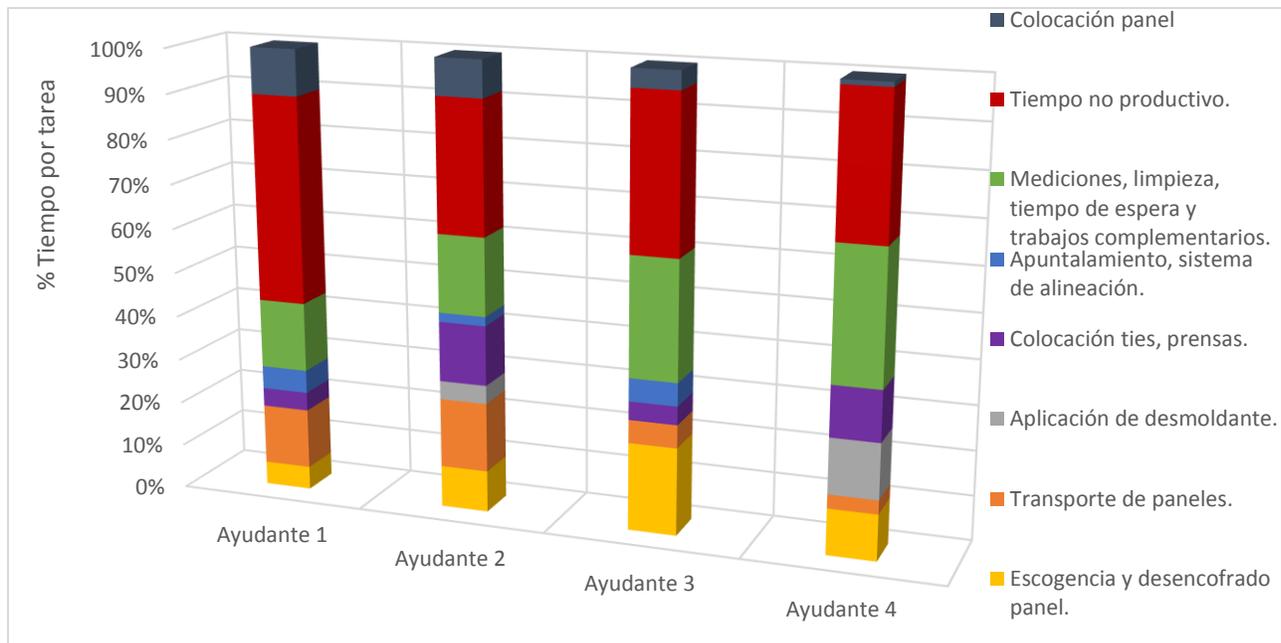


Figura 87. Crew balance del muestreo 2, Douglas.



**Figura 88.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Douglas.



**Figura 89.** Crew balance del muestreo 3, Douglas.

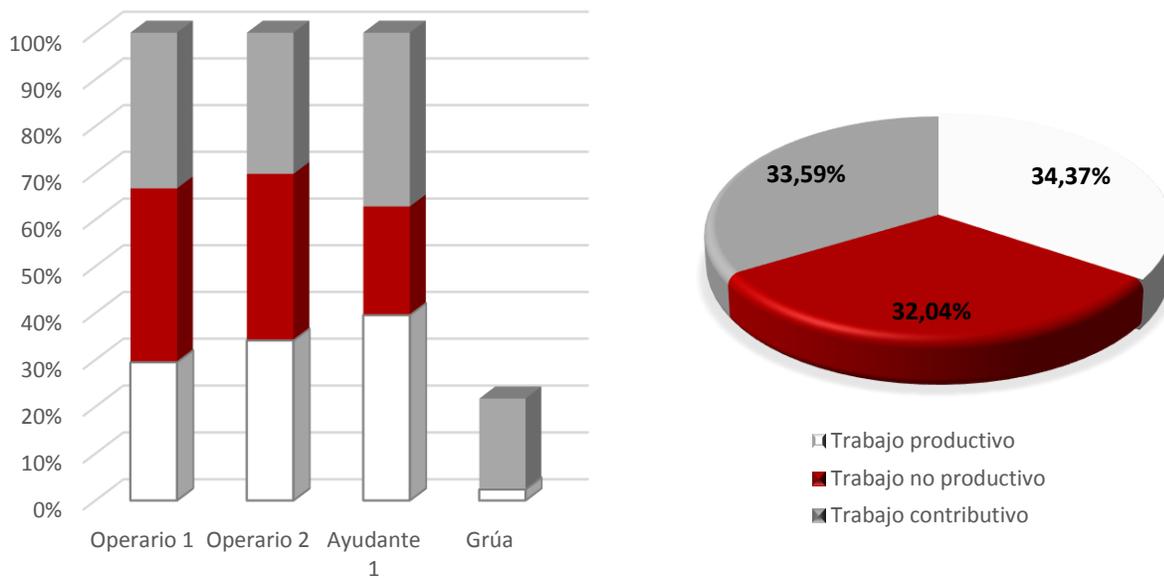


Figura 90. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Douglas.

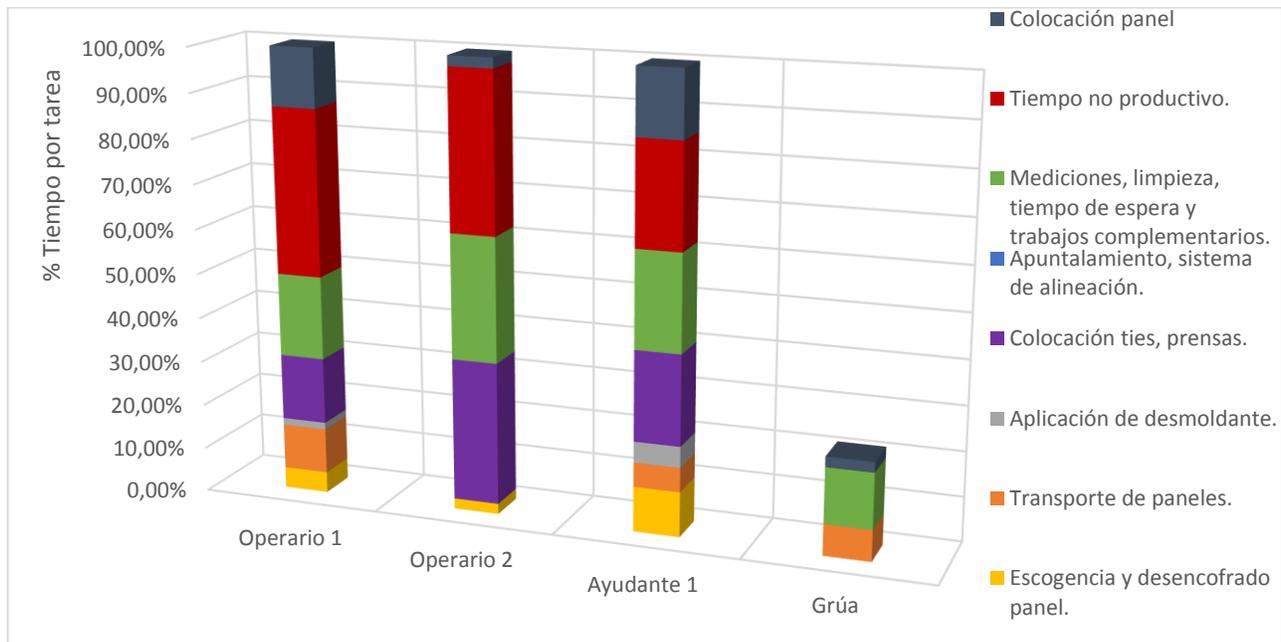
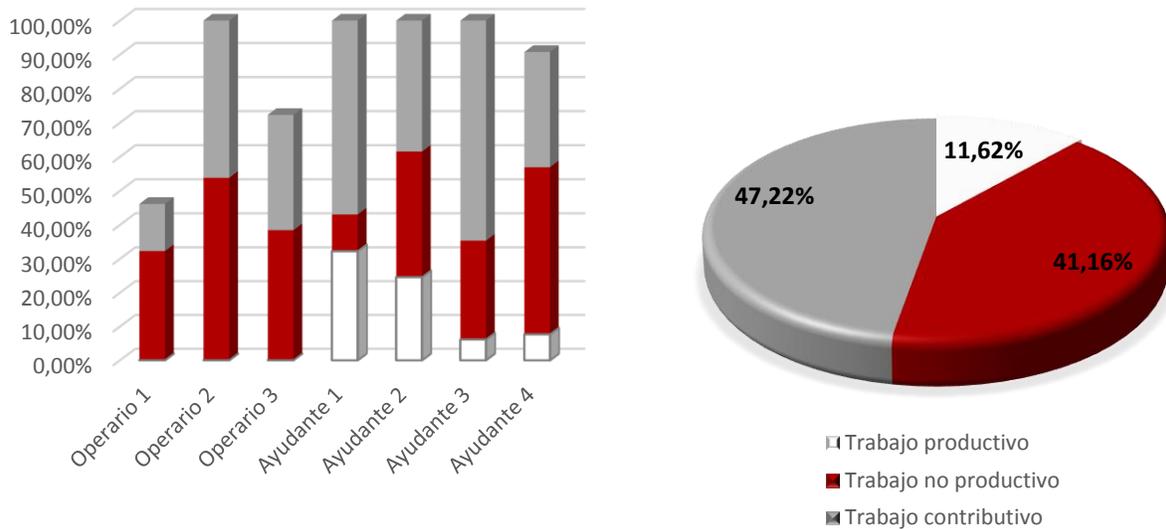
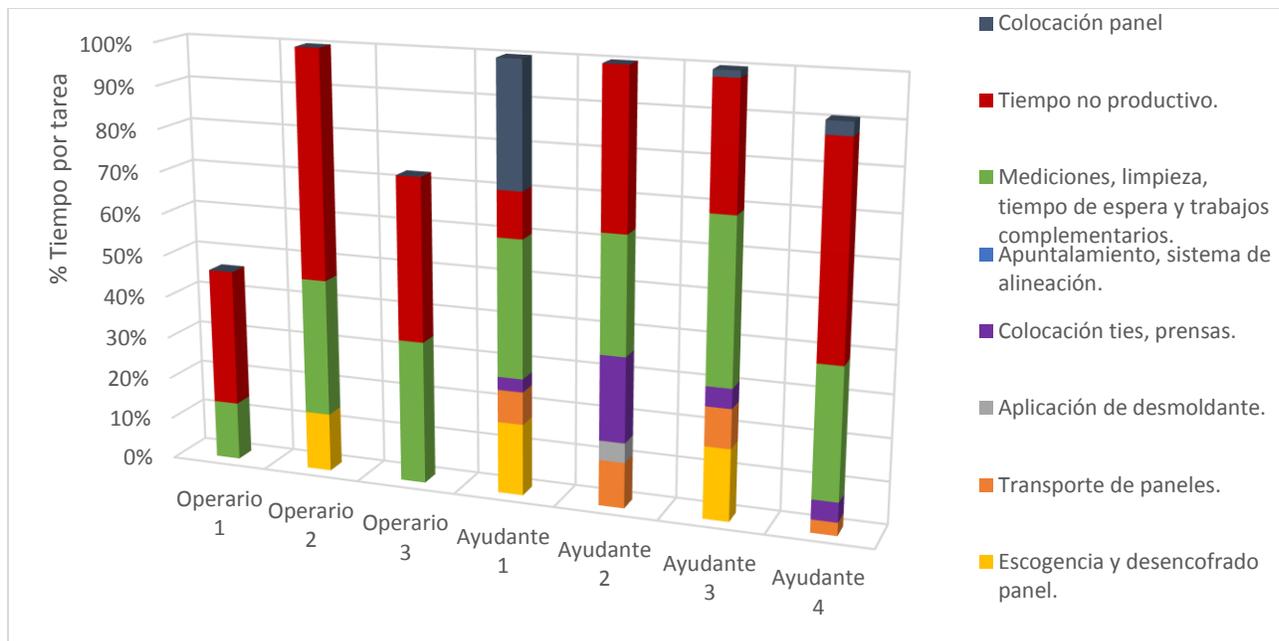


Figura 91. Crew balance del muestreo 4, Douglas.



**Figura 92.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Douglas.



**Figura 93.** Crew balance del muestreo 5, Douglas.

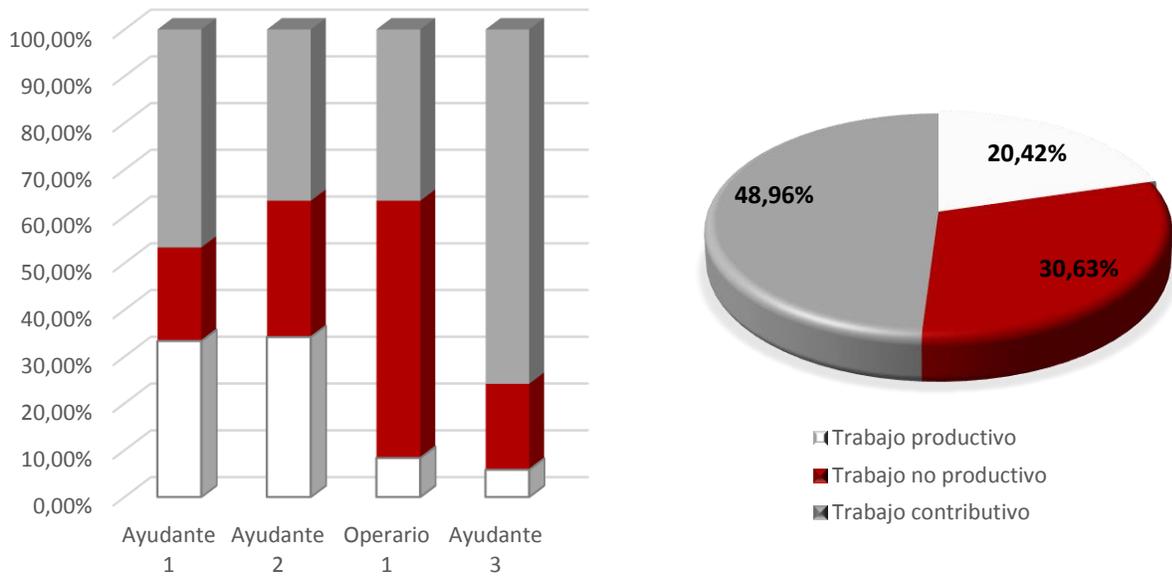


Figura 94. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Douglas.

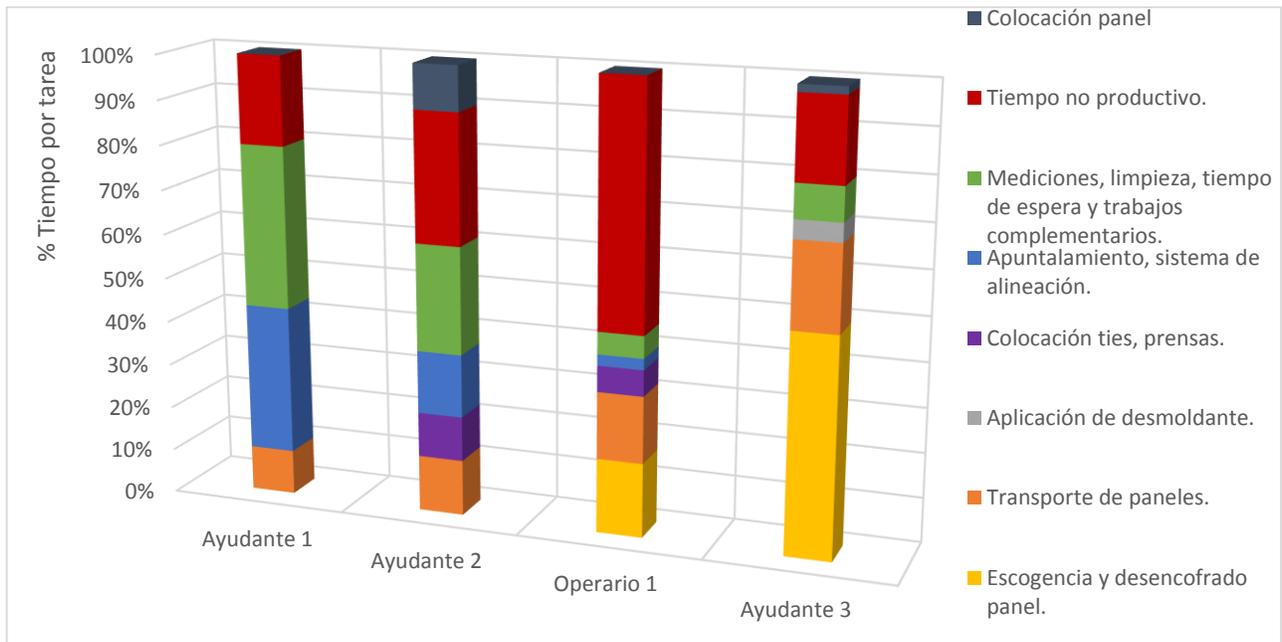
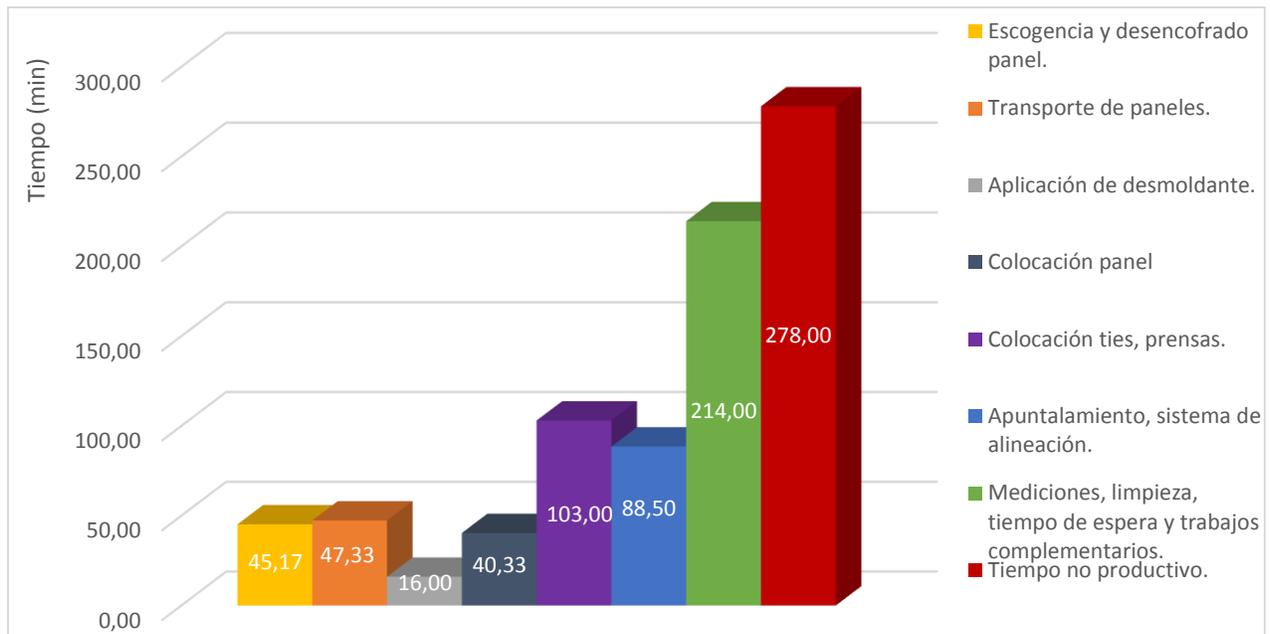


Figura 95. Crew balance del muestreo 6, Douglas.

Por último se muestran figuras como la 96 del maestro de obras Douglas, la 109 de Joel y la 122 de Fermín, las cuales resumen la cantidad de

minutos consumidos por tarea durante los 6 muestreos de cada uno de los maestros de obra.



**Figura 96.** Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 actividades durante los 6 muestreos de encofrado/densofrado de Douglas.

## Torre Sur: Maestro de obras Joel

<b>CUADRO 19. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA JOEL</b>						
<b>Muestreo</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora medición</b>	<b>Clima</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Int. medición</b>
1	15,75 m	13/07/16	02:00:00 p.m.	Nublado	25° C	20 seg
2	15,75 m	15/07/16	10:10:00 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
3	18,20 m	22/07/16	11:17:40 a.m.	Soleado	25° C	10 seg
4	18,20 m	27/07/16	08:35:00 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
5	25,20 m	19/08/16	10:25:40 a.m.	Soleado	27° C	20 seg
6	15,75 m	01/09/16	10:04:00 a.m.	Soleado	25 °C	10 seg

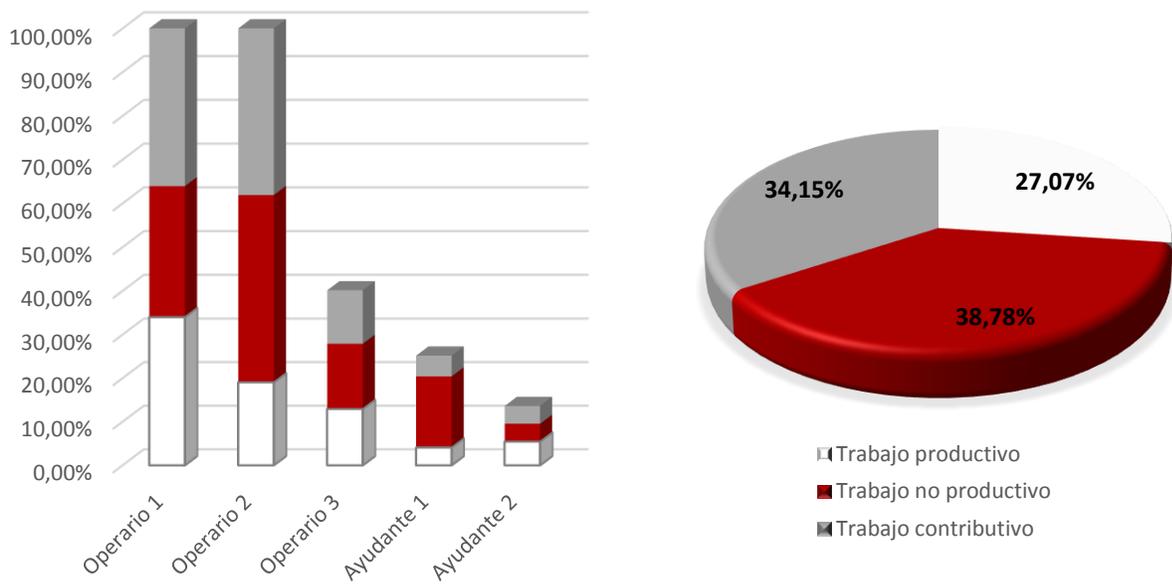


Figura 97. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Joel.

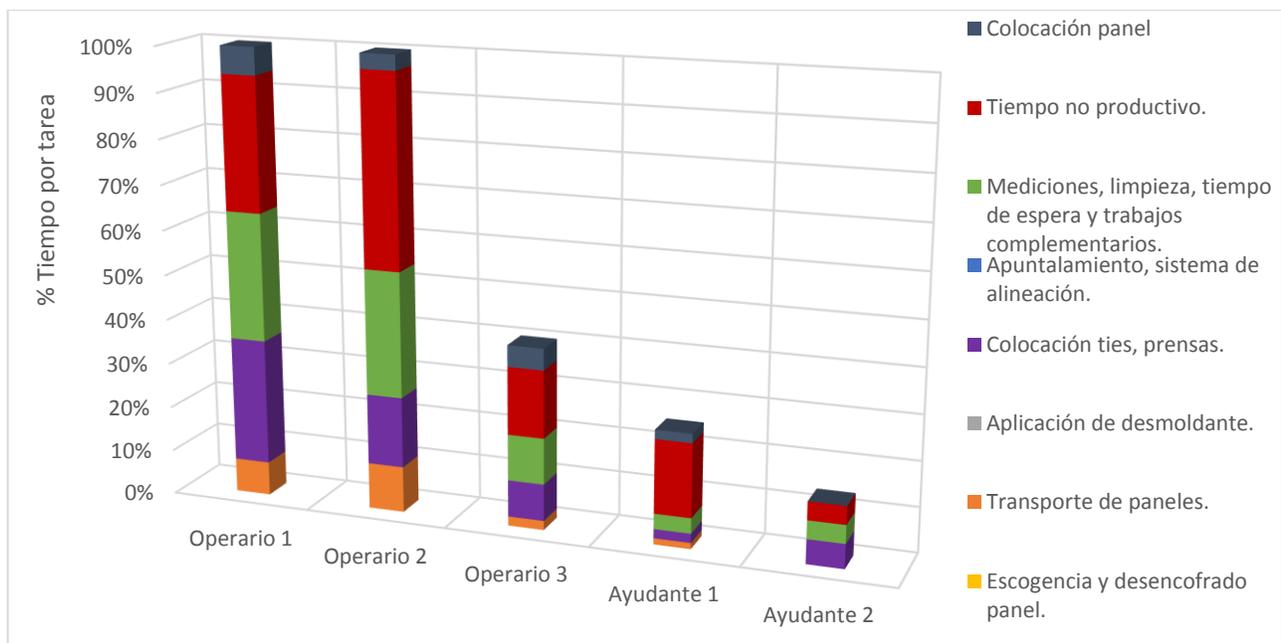


Figura 98. Crew balance del muestreo 1, Joel.

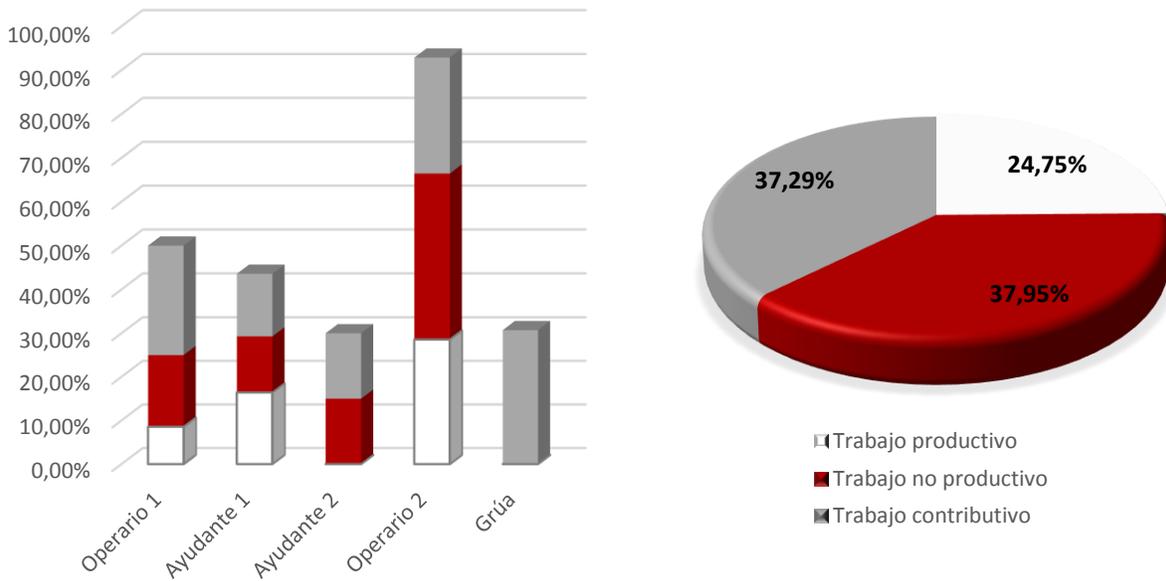


Figura 99. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Joel.

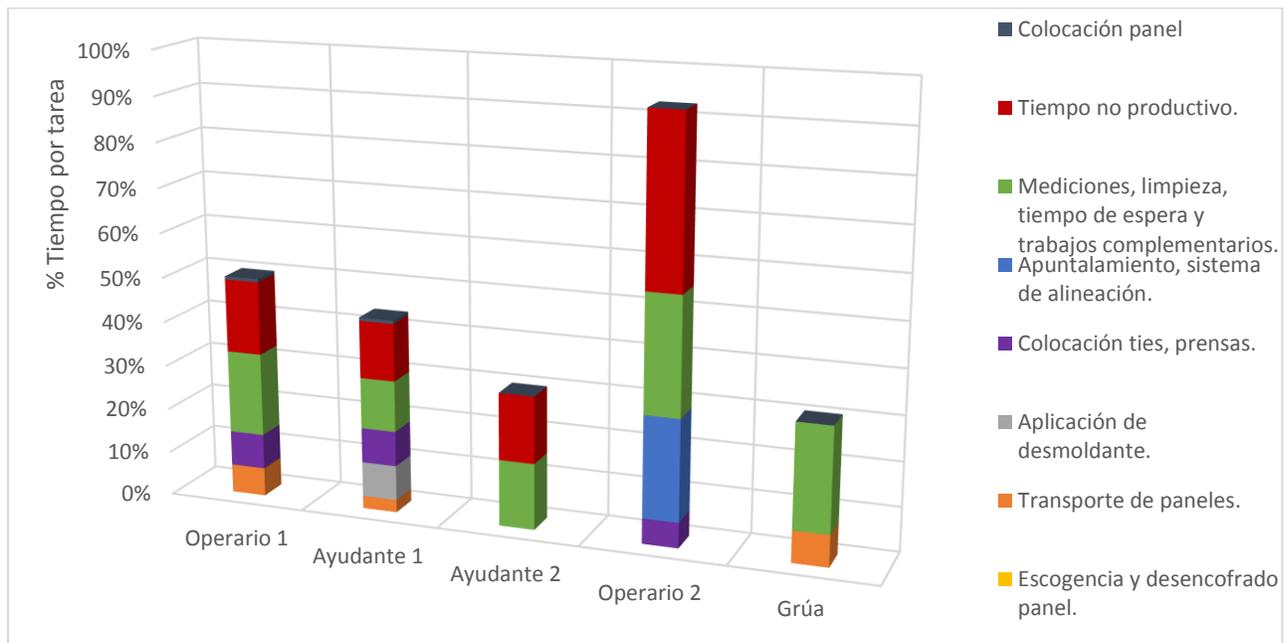


Figura 100. Crew balance del muestreo 2, Joel.

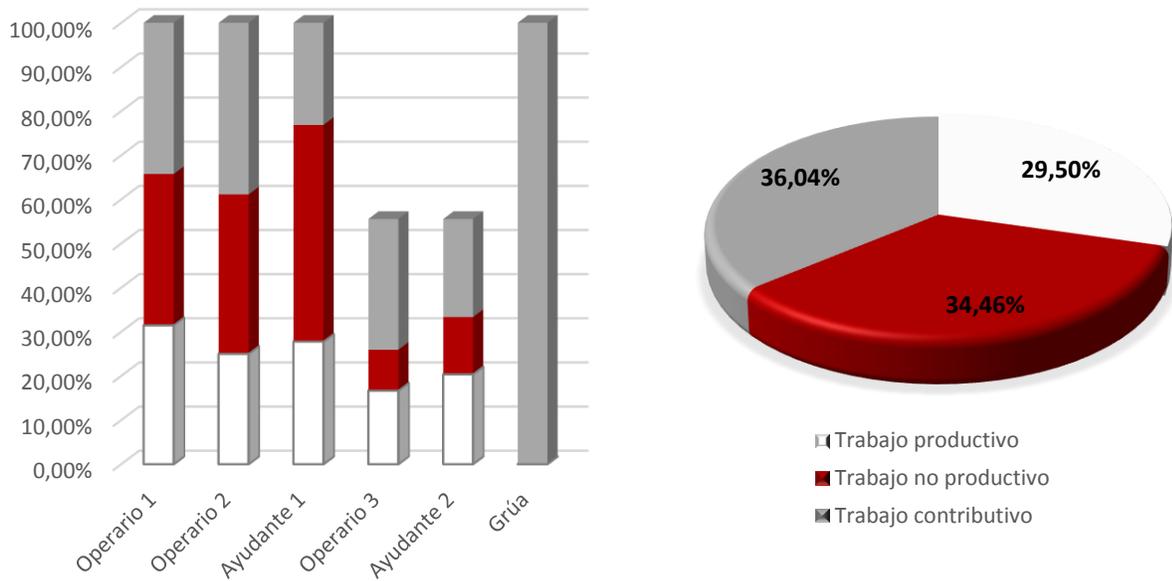


Figura 101. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Joel.

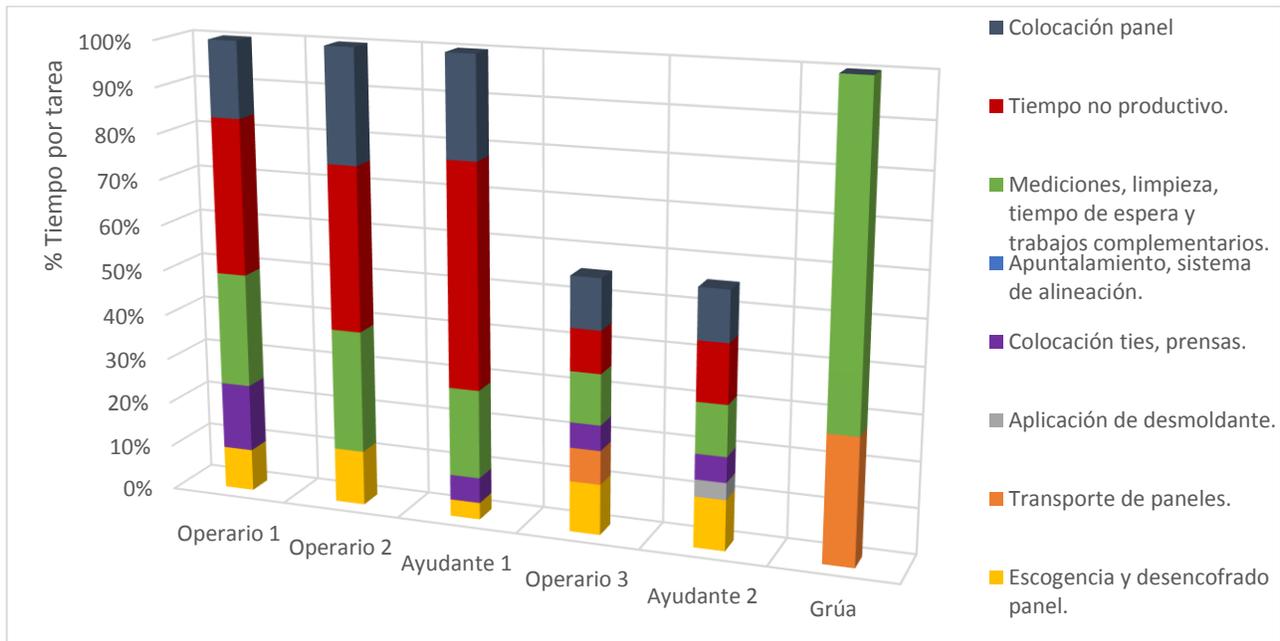


Figura 102. Crew balance del muestreo 3, Joel.

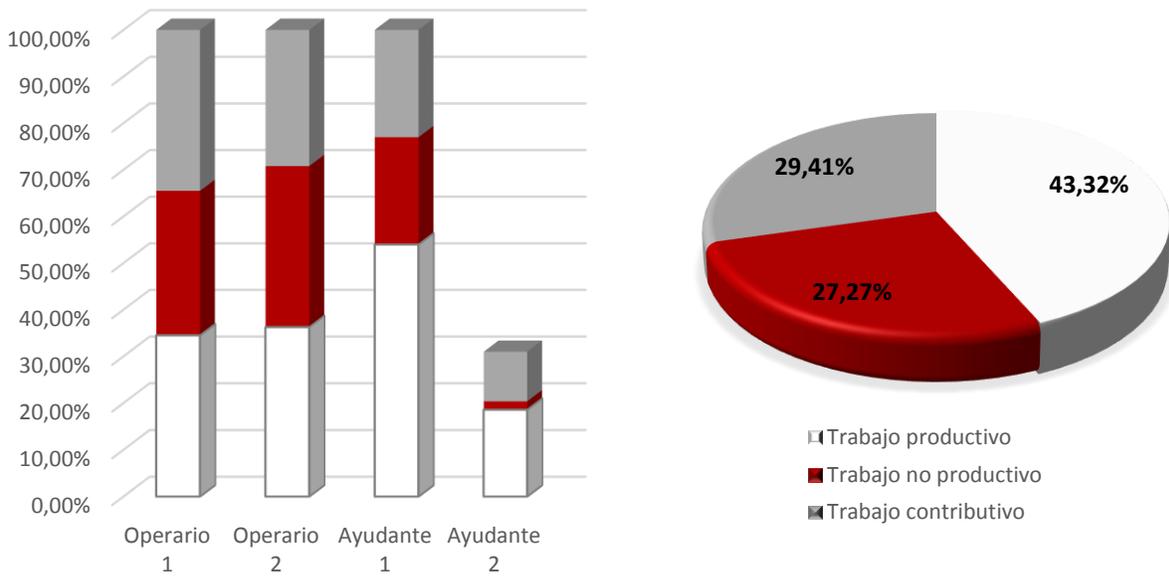


Figura 103. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Joel.

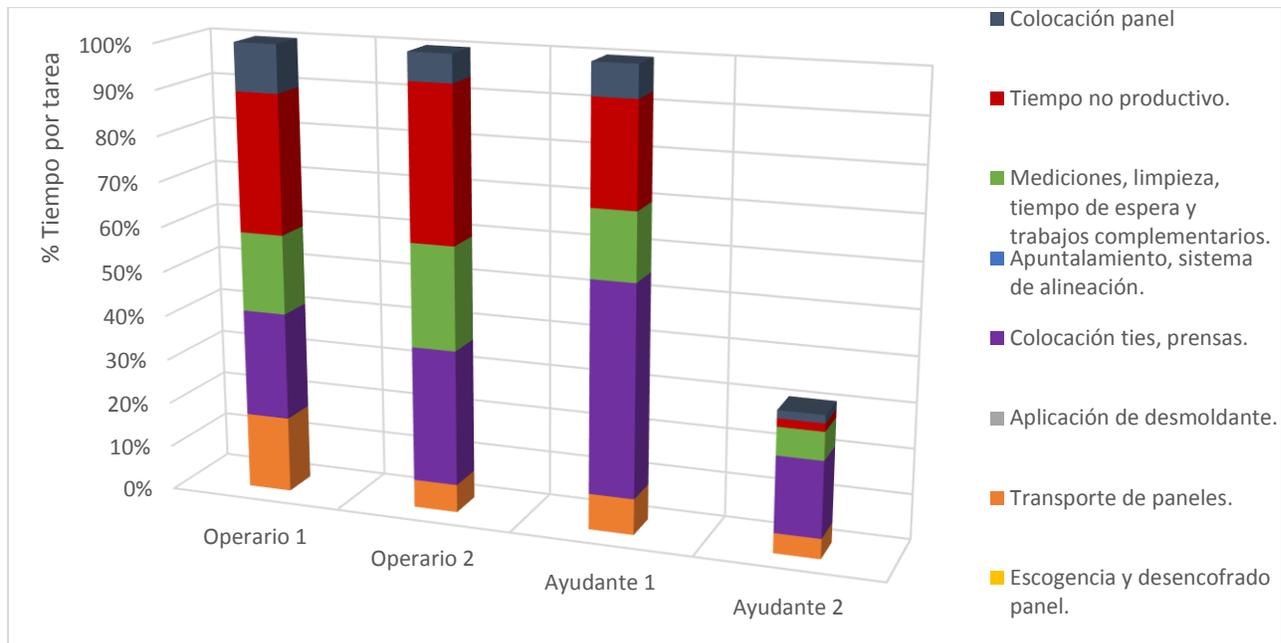


Figura 104. Crew balance del muestreo 4, Joel.

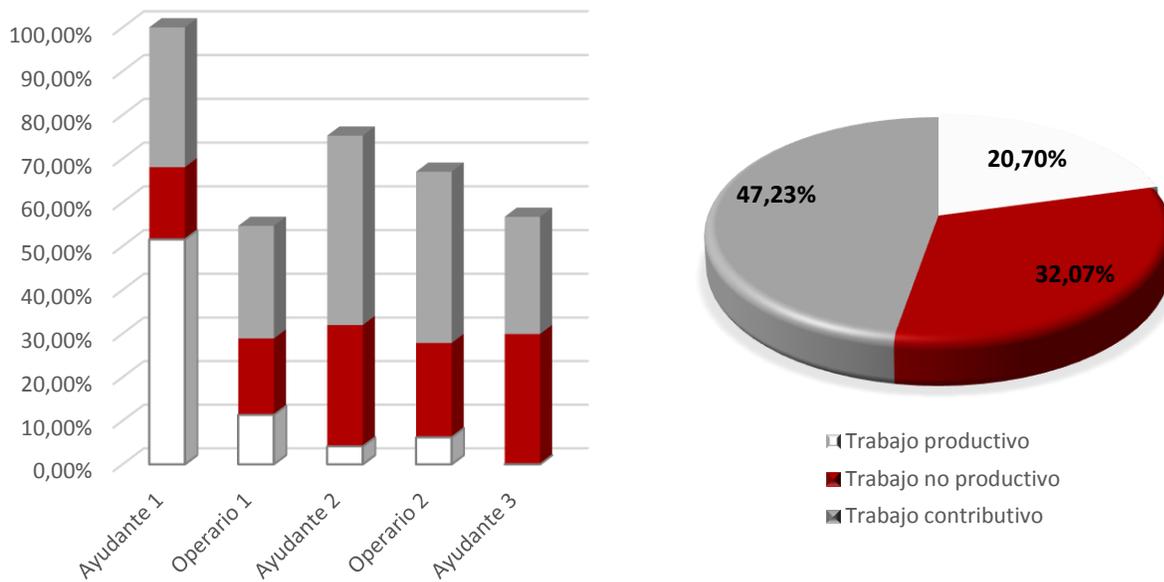


Figura 105. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Joel.

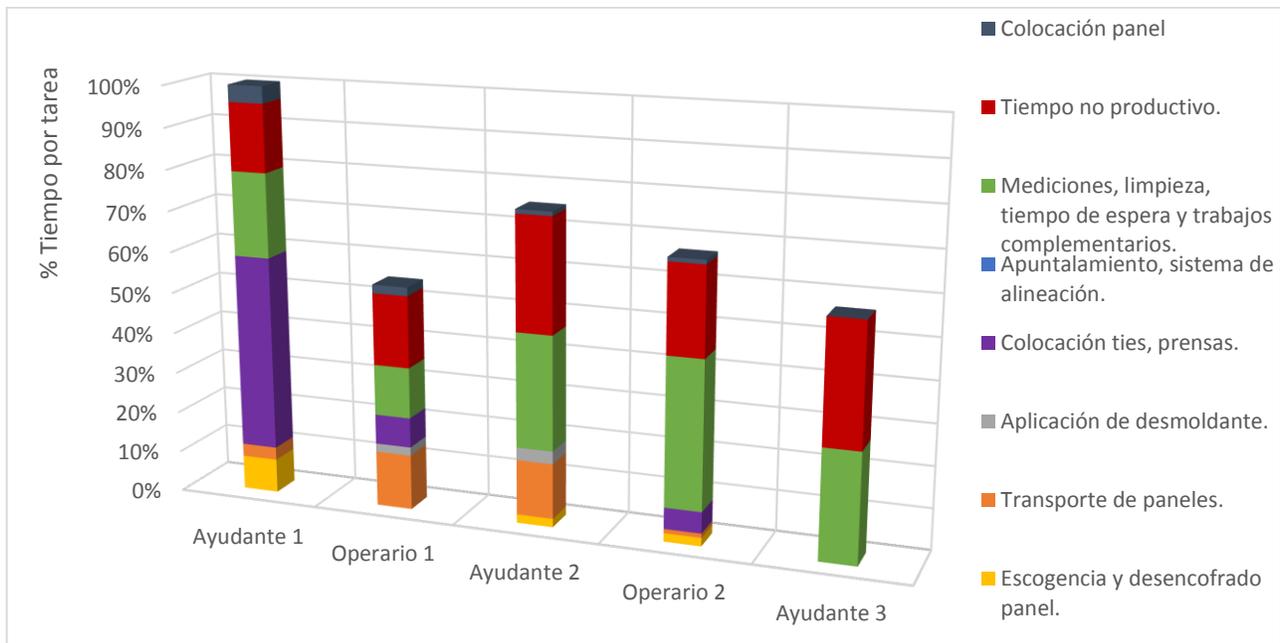


Figura 106. Crew balance del muestreo 5, Joel.

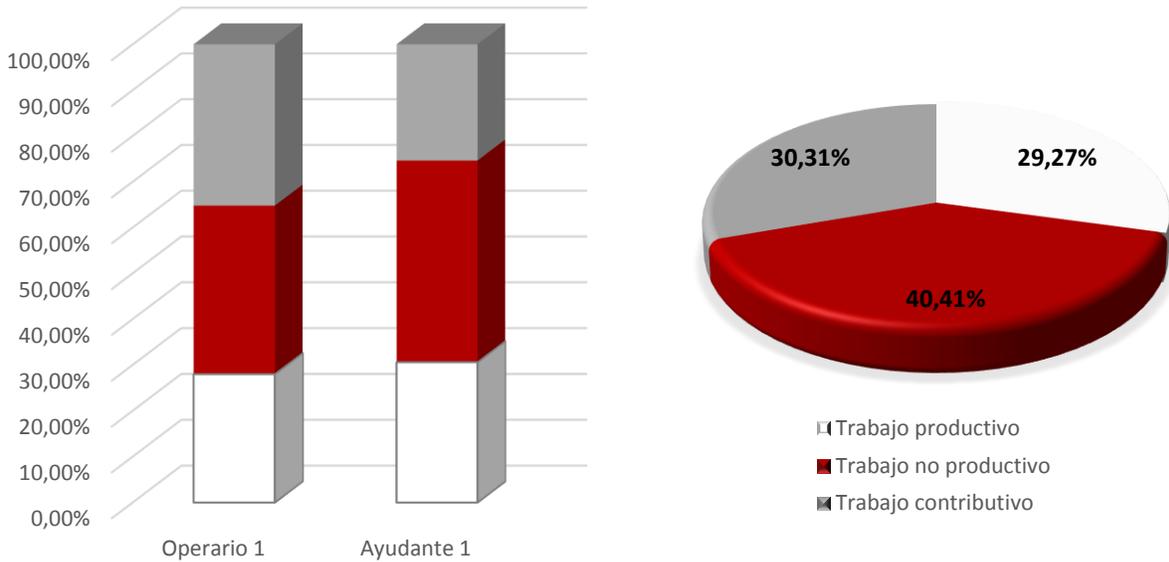


Figura 107. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Joel.

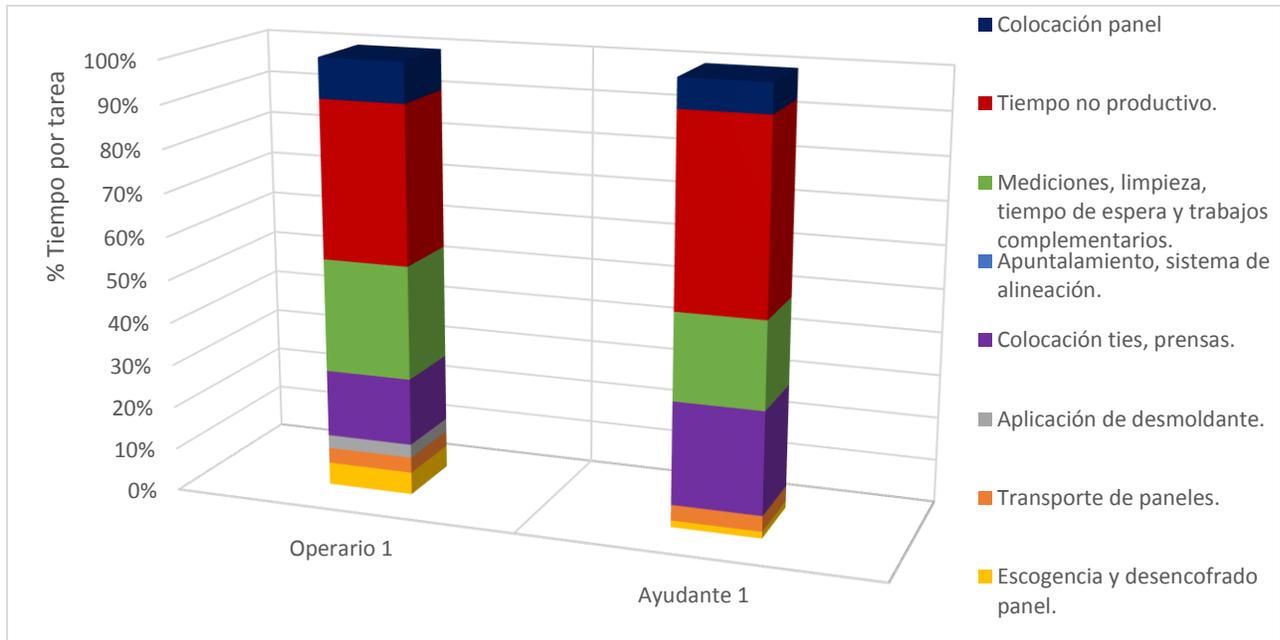
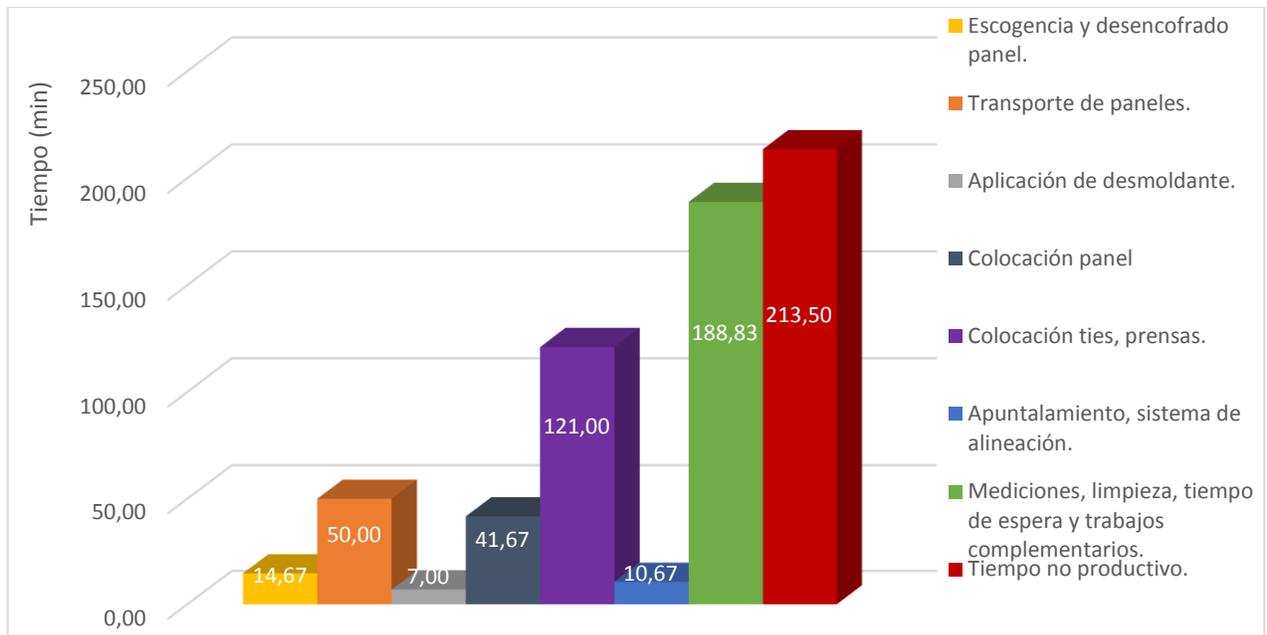


Figura 108. Crew balance del muestreo 6, Joel.



**Figura 109.** Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 actividades durante los 6 muestreos de encofrado/desencofrado de Joel.

## Torre Sur: Maestro de obras Fermín

<b>CUADRO 20. CONDICIONES PARA LOS 6 MUESTREOS REALIZADOS PARA ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS, CUADRILLA FERMÍN</b>						
<b>Muestreo</b>	<b>Nivel</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora medición</b>	<b>Clima</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Int. medición</b>
1	15,75 m	08/07/16	11:00:00 a.m.	Soleado	25° C	5 seg
2	18,20 m	18/07/16	10:00:00 a.m.	Soleado	25° C	30 seg
3	22,05 m	02/08/16	10:05:00 a.m.	Soleado	25° C	15 seg
4	22,05 m	03/08/16	07:30:14 a.m.	Soleado	25° C	20 seg
5	25,20 m	16/08/16	02:11:13 p.m.	Soleado	26° C	20 seg
6	25,20 m	18/08/16	07:50:42 a.m.	Nublado	24°C	20 seg

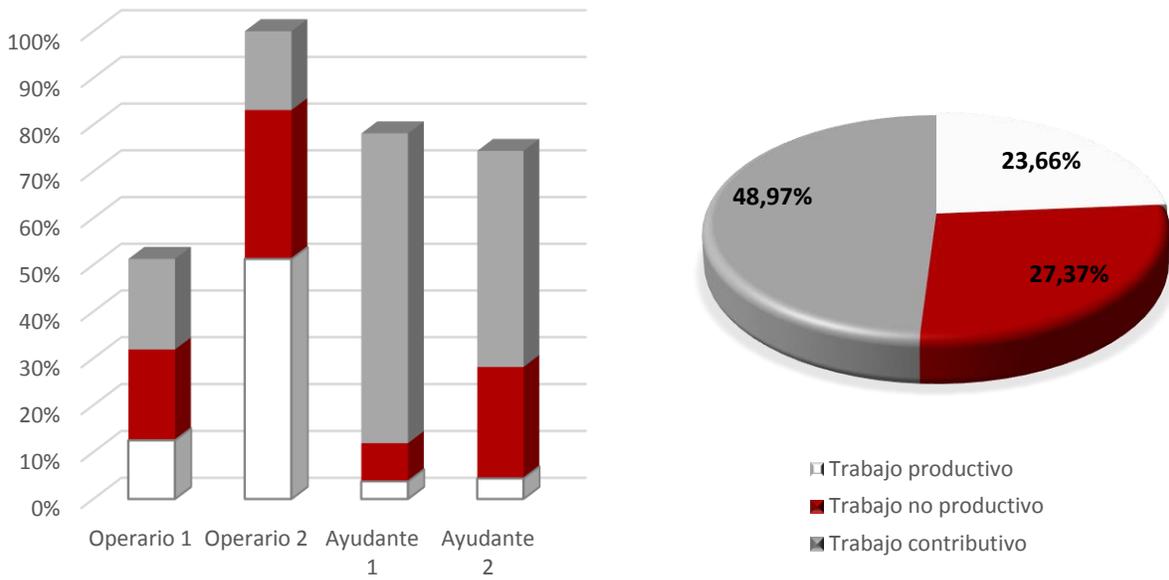


Figura 110. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 1, Fermín.

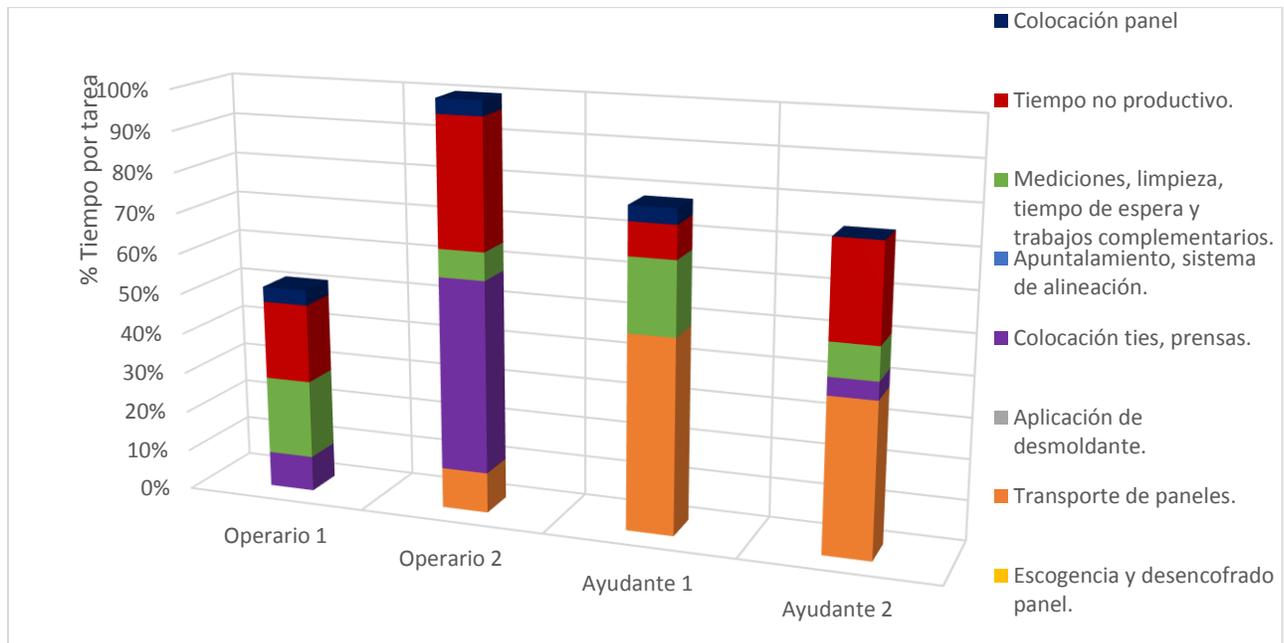


Figura 111. Crew balance del muestreo 1, Fermín.

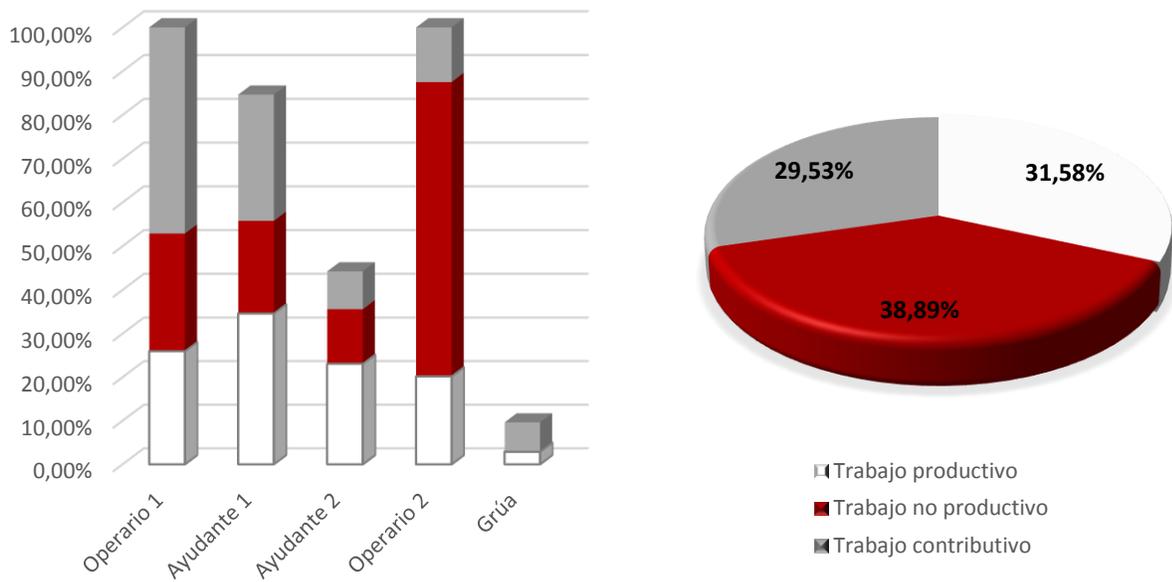


Figura 112. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 2, Fermín.

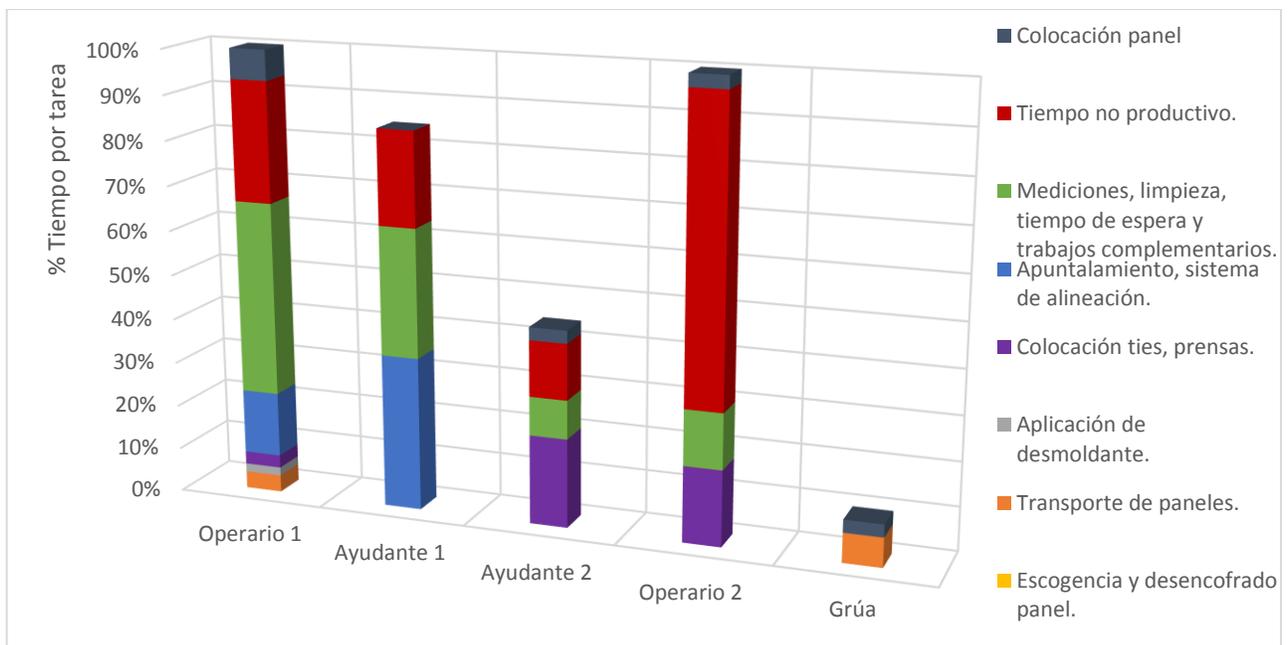


Figura 113. Crew balance del muestreo 2, Fermín.

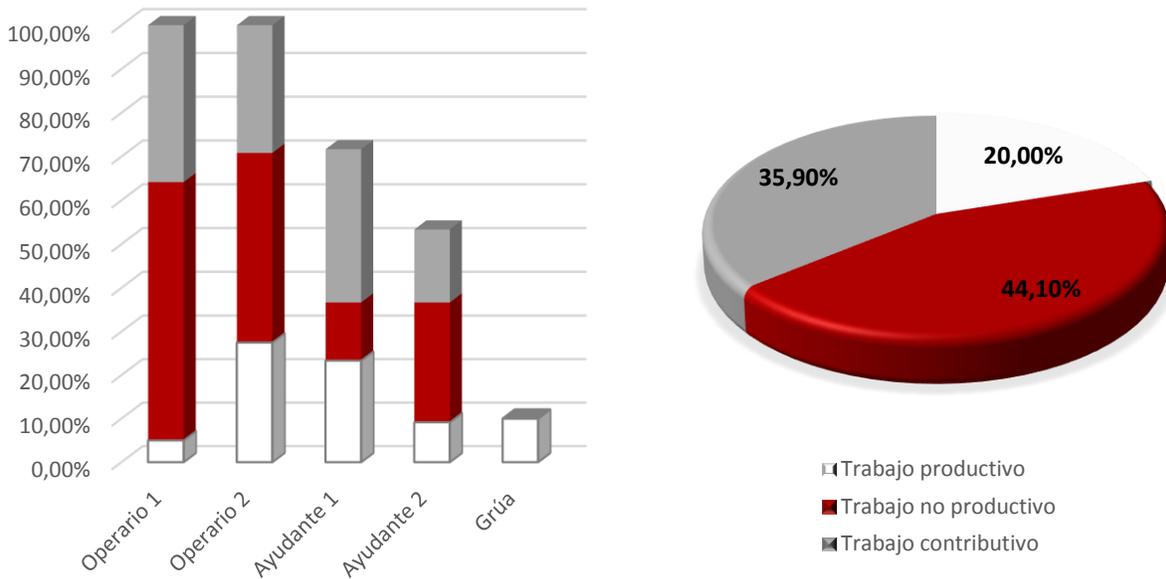


Figura 114. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 3, Fermín.

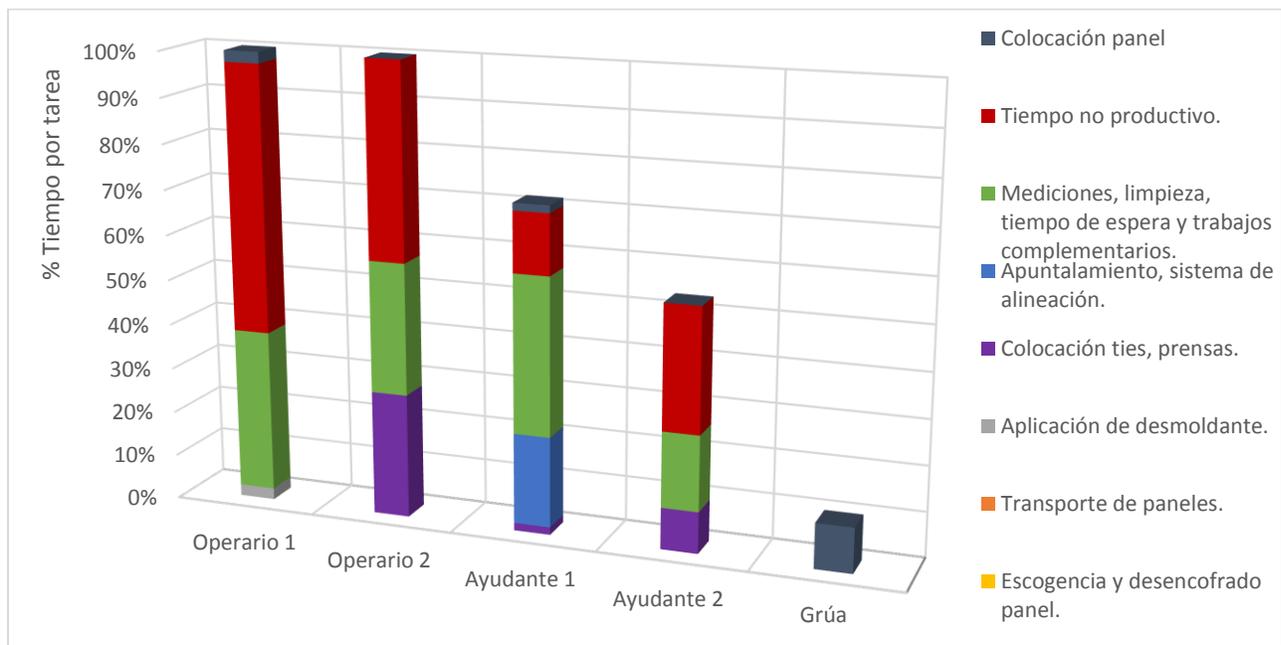
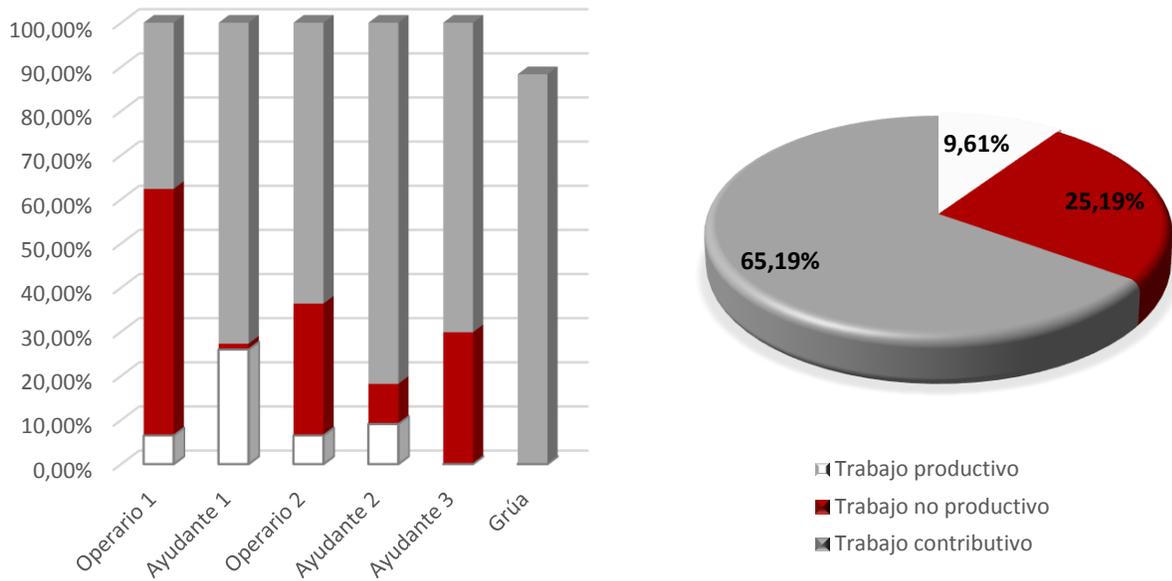
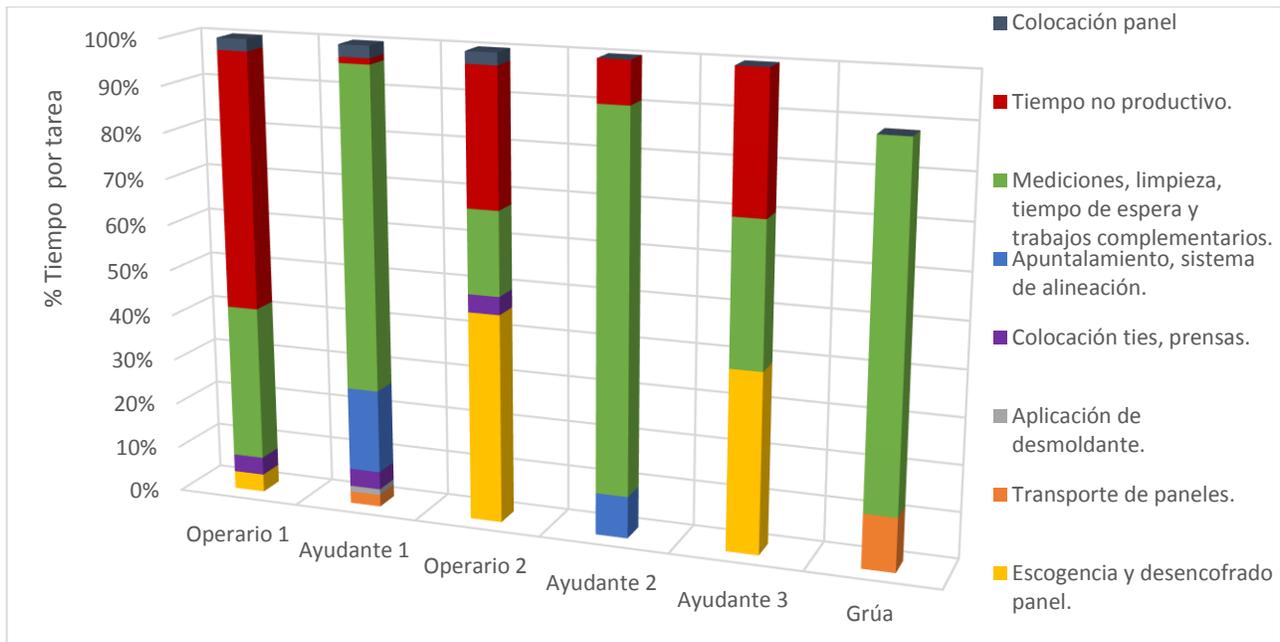


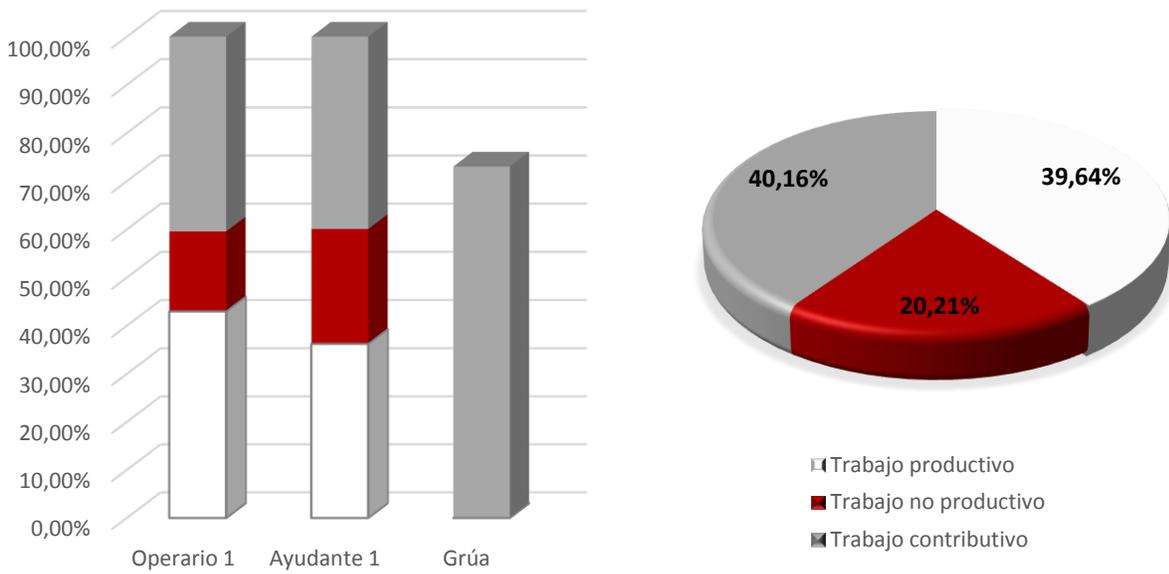
Figura 115. Crew balance del muestreo 3, Fermín.



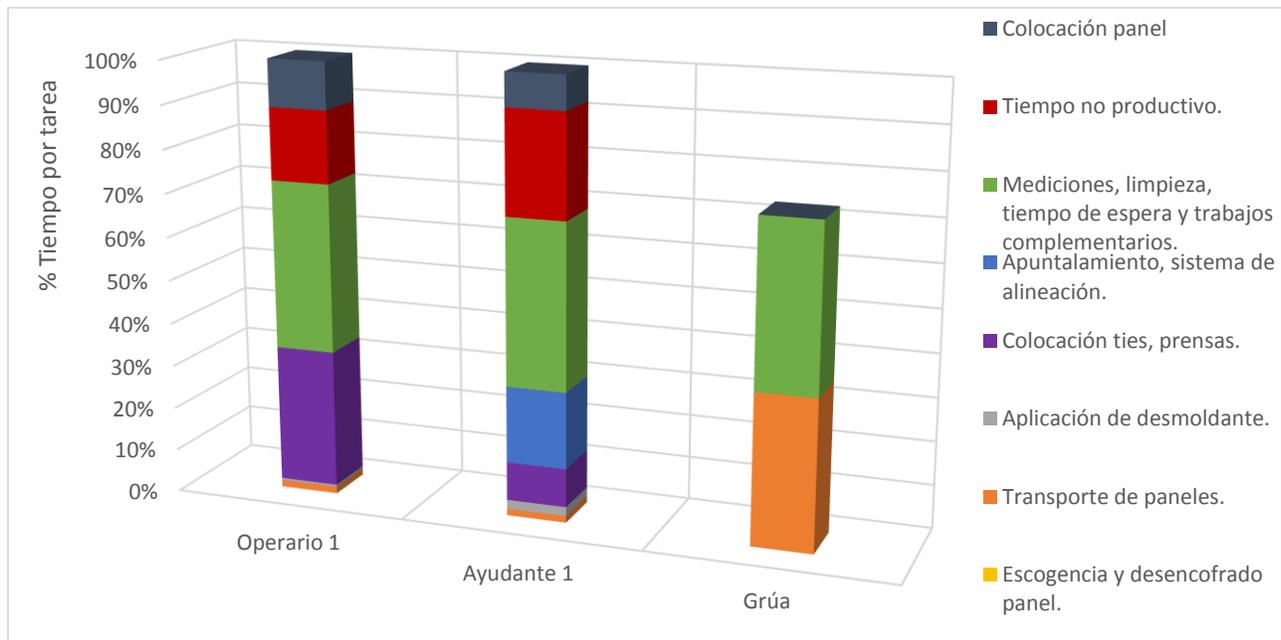
**Figura 116.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 4, Fermín.



**Figura 117.** Crew balance del muestreo 4, Fermín.



**Figura 118.** Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 5, Fermín.



**Figura 119.** Crew balance del muestreo 5, Fermín.

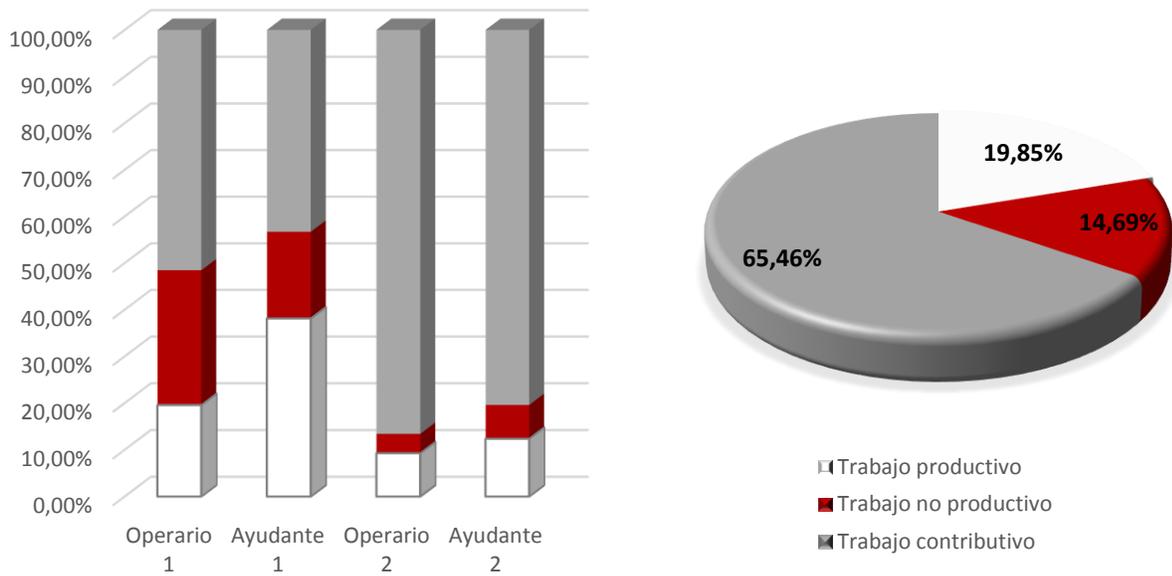


Figura 120. Porcentajes de tiempos productivo, no productivo y contributivo muestreo 6, Fermín.

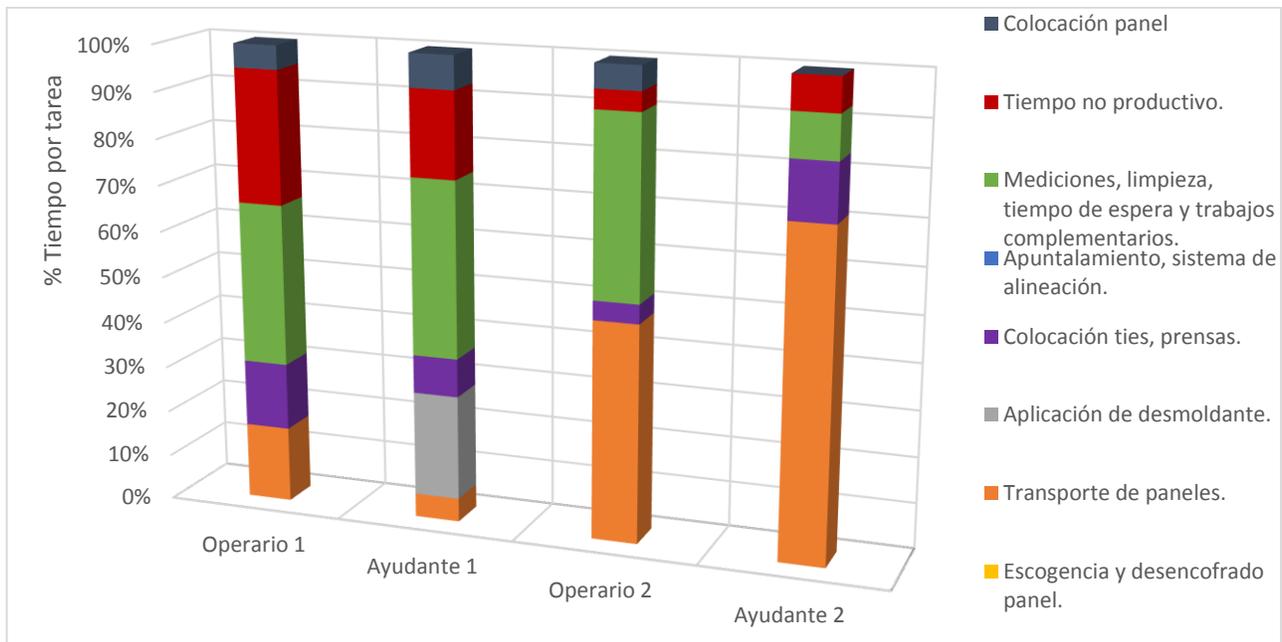
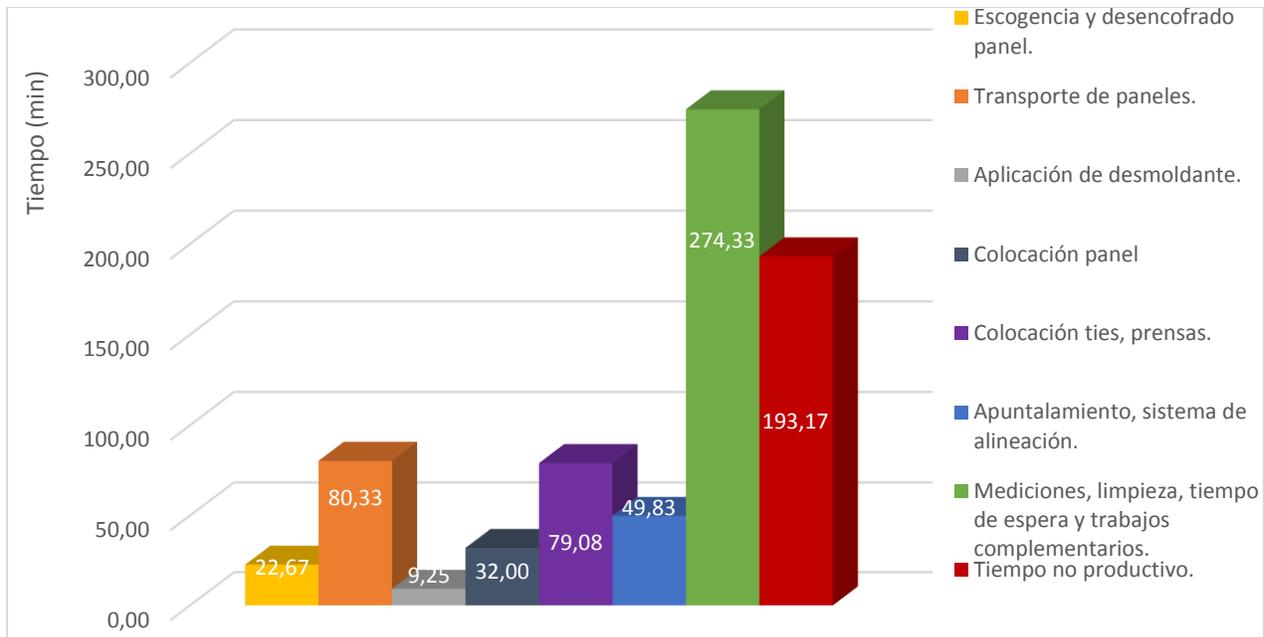


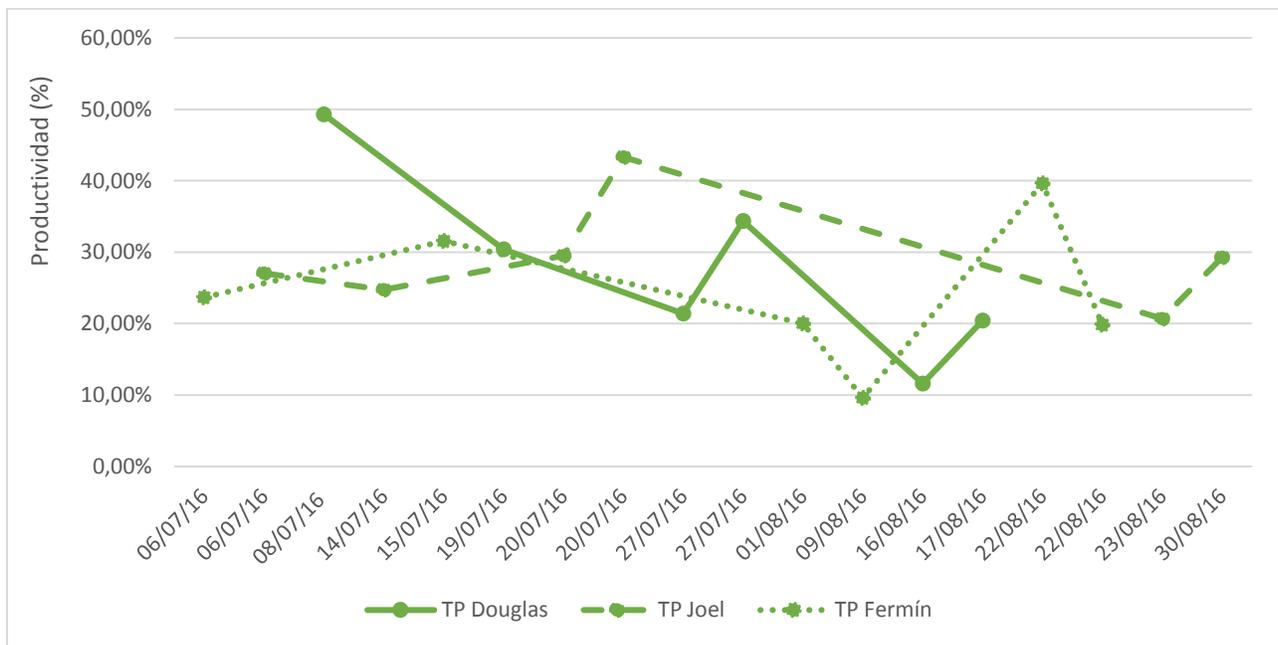
Figura 121. Crew balance del muestreo 6, Fermín.



**Figura 122.** Resumen del tiempo (min) invertido en cada una de las 8 actividades durante los 6 muestreos de encofrado/densocofrado de Fermín.

Por último, a modo comparativo se grafican los resultados obtenidos por cada cuadrilla en tiempos productivos, no productivos y

contributivos según las mediciones realizadas (ver figuras 123, 124 y 125 respectivamente).



**Figura 123.** Comparación de tiempos productivos obtenidos por cada cuadrilla.

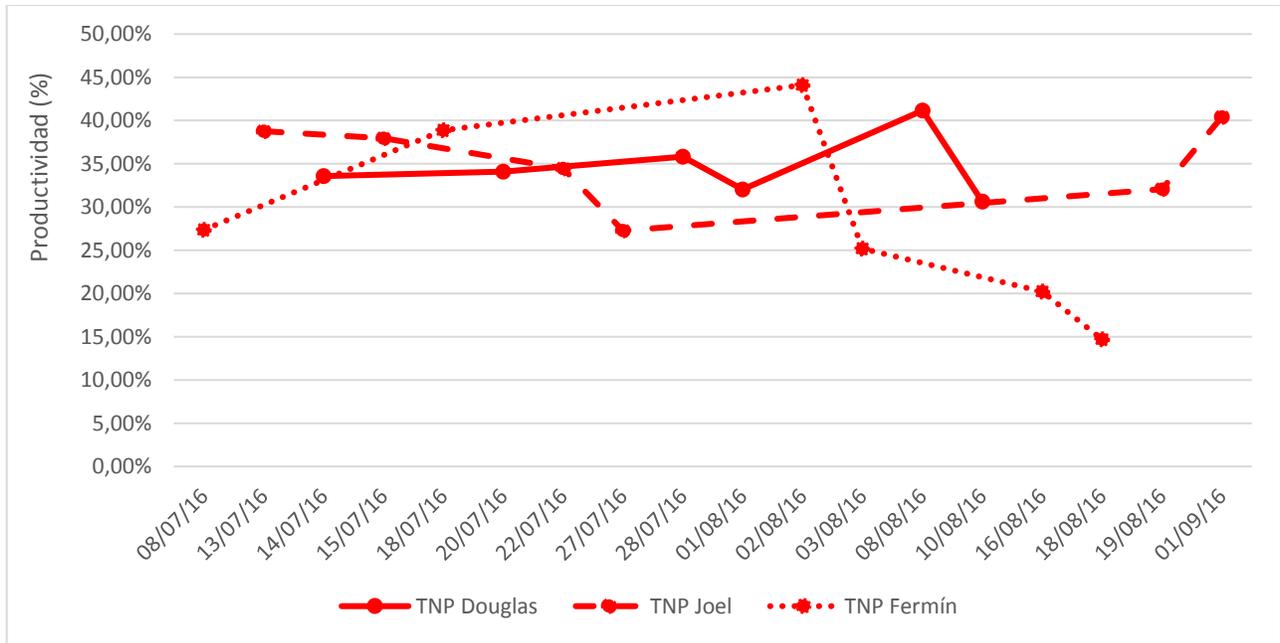


Figura 124. Comparación de tiempos no productivos obtenidos por cada cuadrilla.

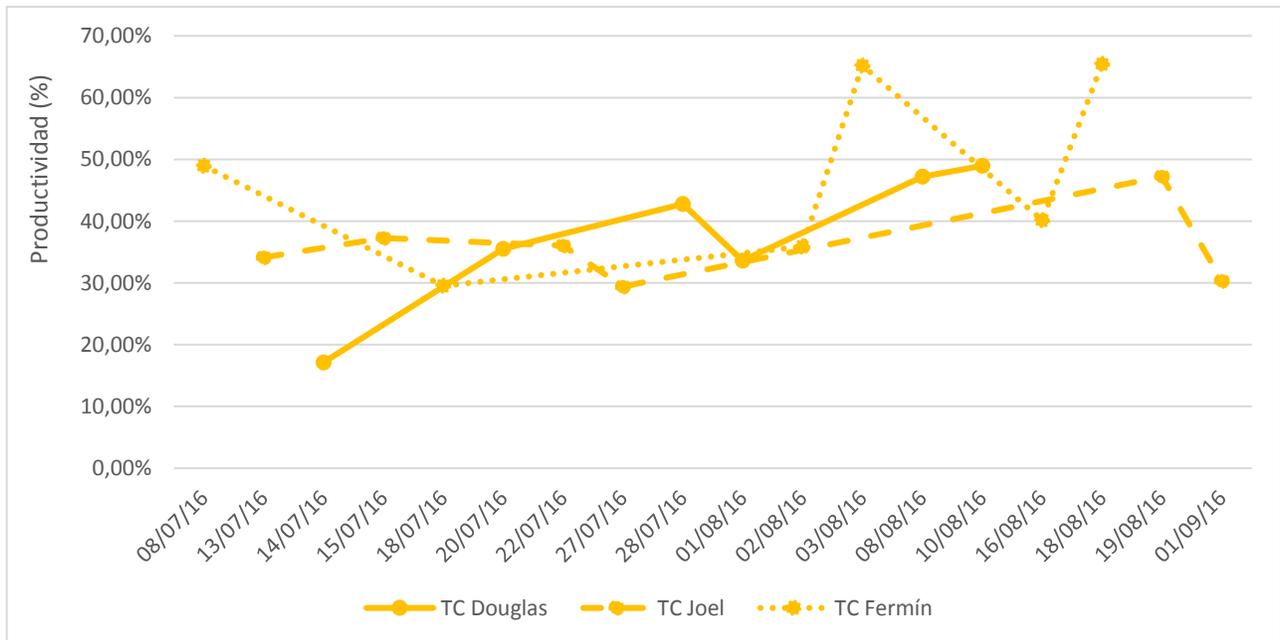


Figura 125. Comparación de tiempos contributivos obtenidos por cada cuadrilla.

## Productividad general del proyecto QBO en la actividad de encofrado y desencofrado de muros y columnas

Se muestra, a continuación, en la figura 126 el avance de la productividad en encofrado y desencofrado para el proyecto en general, sin distinción de maestro de obras. Además en la misma figura, se muestra el promedio obtenido del porcentaje de tiempo productivo, no productivo y contributivo.

De igual forma, la figura 127 se muestra el avance de la productividad en general conforme fue avanzando el tiempo de mediciones, además de los valores de productividad recomendados por la literatura.

<b>CUADRO 21. RESUMEN DE PRODUCTIVIDADES MEDIDAS EN ENCOFRADO/DESENCOFRADO DE MUROS Y COLUMNAS</b>										
Fecha	M.O	TP	TNP	TC	PROM TP	PROM TNP	PROM TC	TP GLOBAL	TNP GLOBAL	TC GLOBAL
14/07/16	Douglas	49,30%	33,57%	17,14%	27,91%	34,55%	37,53%	27,02%	32,71%	40,27%
20/07/16		30,40%	34,09%	35,51%						
28/07/16		21,39%	35,82%	42,78%						
01/08/16		34,37%	32,04%	33,59%						
08/08/16		11,62%	41,16%	47,22%						
10/08/16		20,42%	30,63%	48,96%						
13/07/16	Joel	27,07%	38,78%	34,15%	29,10%	35,16%	35,74%			
15/07/16		24,75%	37,95%	37,29%						
22/07/16		29,50%	34,46%	36,04%						
27/07/16		43,32%	27,27%	29,41%						
19/08/17		20,70%	32,07%	47,23%						
01/09/16		29,27%	40,41%	30,31%						
08/07/16	Fermín	23,66%	27,37%	48,97%	24,06%	28,41%	47,54%			
18/07/16		31,58%	38,89%	29,53%						
02/08/16		20,00%	44,10%	35,90%						
03/08/16		9,61%	25,19%	65,19%						
16/08/16		39,64%	20,21%	40,16%						
18/08/16		19,85%	14,69%	65,46%						

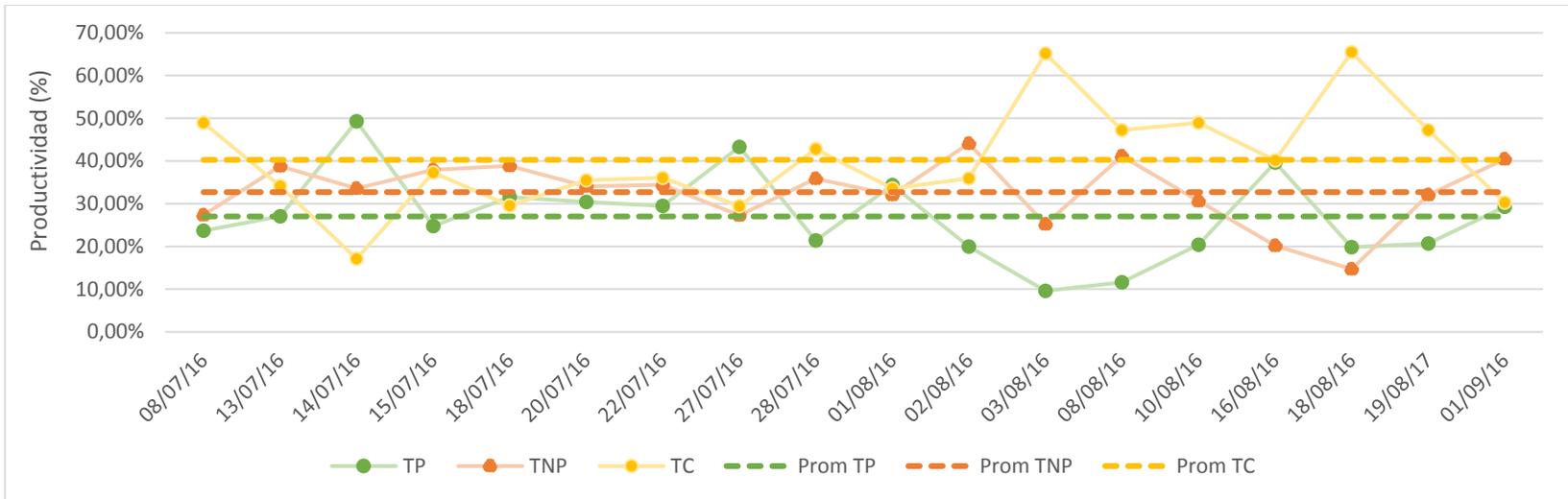


Figura 126. Avance general de la productividad en el proyecto QBO.

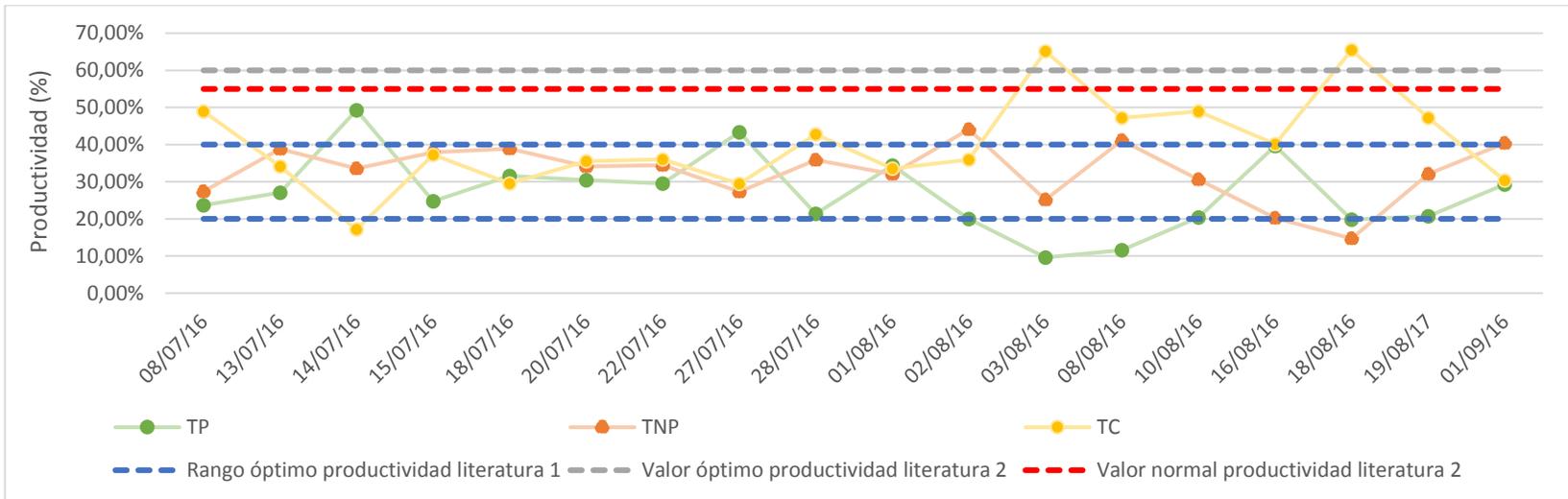


Figura 127. Rango óptimo de productividad según literatura.

## Rendimientos

Como se hace mención en el marco teórico, para obtener un rendimiento promedio corregido según la muestra de datos se debe de considerar un tiempo aproximado que el trabajador consume en otras actividades. Con base en ese tiempo y la jornada diaria del trabajador, se obtiene un factor

de incremento que ayuda a obtener un valor de rendimiento promedio más real. Las actividades consideradas para obtener el Tc (tiempo consumido en otras actividades) así como el tiempo en horas se puede ver reflejado en el cuadro 22.

<b>CUADRO 22. TIEMPO DIARIO (TC) CONSUMIDO EN OTRAS ACTIVIDADES (HR)</b>	
Café	0,25
Almuerzo	0,50
Solicitud/entrega de materiales	0,25
Transporte de materiales	0,25
Servicio sanitario	0,25
<b>TOTAL</b>	<b>1,50</b>

## Chorrea de muros y columnas

Los cuadros del 23-32 muestran los rendimientos obtenidos para los diferentes muestreos realizados para cada uno de los maestros de obras así como su respectiva validación estadística. Cabe mencionar que esta actividad se subdivide

en dos tipos de rendimientos: chorrea con balde y chorrea con telescópica. Para el maestro de obras Douglas sólo se realizaron mediciones de chorrea con balde.

**CUADRO 23. MUESTREO PARA CHORREA CON BALDE CUADRILLA DE DOUGLAS**

Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-peón/m <sup>3</sup>
08/07/16	1	5	0	m <sup>3</sup>	5,12	0,53	0,63	0,10	0,52	-
15/07/16	2	3	0	m <sup>3</sup>	6,39	0,82	0,64	0,26	0,38	-
20/07/16	1	4	0	m <sup>3</sup>	3,31	0,33	0,50	0,10	0,40	-
20/07/16	1	4	0	m <sup>3</sup>	6,97	0,73	0,53	0,11	0,42	-
01/08/16	2	3	0	m <sup>3</sup>	6,97	0,83	0,60	0,24	0,36	-
22/08/16	2	4	0	m <sup>3</sup>	9,00	0,81	0,54	0,18	0,36	-
24/08/16	1	6	0	m <sup>3</sup>	4,19	0,55	0,92	0,13	0,79	-
31/08/16	2	4	0	m <sup>3</sup>	6,00	0,55	0,55	0,18	0,37	-
09/09/16	1	5	0	m <sup>3</sup>	8,00	0,85	0,64	0,11	0,53	-
13/09/16	1	6	0	m <sup>3</sup>	4,00	0,55	0,96	0,14	0,83	-

**CUADRO 24. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON BALDE DOUGLAS**

Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>3</sup>	0,65	0,15	23,48%	17,65%	<b>0,76</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,15	0,05	35,38%	17,65%	<b>0,18</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,50	0,17	33,56%	17,65%	<b>0,58</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	-	-	-	17,65%	-

<b>CUADRO 25. MUESTREO PARA CHORREA CON TELESCÓPICA CUADRILLA DE JOEL</b>										
Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-peón/m <sup>3</sup>
14/07/16	2	1	4	m <sup>3</sup>	4,03	0,43	0,75	0,21	0,11	0,43
27/07/16	2	1	4	m <sup>3</sup>	4,03	0,35	0,61	0,17	0,09	0,35
27/07/16	2	2	3	m <sup>3</sup>	3,31	0,33	0,71	0,20	0,20	0,30

<b>CUADRO 26. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON TELESCÓPICA JOEL</b>					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>3</sup>	0,69	0,06	8,47%	17,65%	<b>0,81</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,20	0,02	8,47%	17,65%	<b>0,23</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,13	0,05	37,94%	17,65%	<b>0,16</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,36	0,09	24,91%	17,65%	<b>0,42</b>

<b>CUADRO 27. MUESTREO PARA CHORREA CON BALDE CUADRILLA DE JOEL</b>										
Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-peón/m <sup>3</sup>
09/08/16	2	2	2	m <sup>3</sup>	7,13	0,78	0,66	0,22	0,22	0,22
22/08/16	1	2	2	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,50	0,10	0,20	0,20
23/08/16	3	1	3	m <sup>3</sup>	4,61	0,62	0,94	0,40	0,13	0,40
04/09/16	3	1	2	m <sup>3</sup>	8,00	0,50	0,38	0,19	0,06	0,13
06/09/16	2	1	2	m <sup>3</sup>	2,88	0,33	0,58	0,23	0,12	0,23
13/09/16	2	1	2	m <sup>3</sup>	5,00	0,43	0,43	0,17	0,09	0,17
20/09/16	2	0	2	m <sup>3</sup>	6,00	0,50	0,33	0,17	-	0,17

<b>CUADRO 28. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON BALDE JOEL</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>3</sup>	0,55	0,19	35,06%	17,65%	<b>0,64</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,21	0,09	41,16%	17,65%	<b>0,25</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,14	0,06	41,63%	17,65%	<b>0,16</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,22	0,08	37,96%	17,65%	<b>0,26</b>

<b>CUADRO 29. MUESTREO PARA CHORREA CON TELESCÓPICA CUADRILLA DE FERMÍN</b>										
<b>Fecha</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Peón</b>	<b>Und</b>	<b>Cant.</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-peón/m<sup>3</sup></b>
06/07/16	2	4	1	m <sup>3</sup>	5,23	0,35	0,47	0,13	0,27	0,07
06/07/16	2	4	0	m <sup>3</sup>	1,94	0,11	0,33	0,11	0,22	-
19/07/16	0	5	2	m <sup>3</sup>	10,20	0,90	0,62	-	0,44	0,18

<b>CUADRO 30. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON TELESCÓPICA FERMÍN</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>3</sup>	0,47	0,12	24,44%	17,65%	<b>0,56</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	9,12%	17,65%	<b>0,14</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,31	0,09	30,32%	17,65%	<b>0,37</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,12	0,05	45,02%	17,65%	<b>0,14</b>

**CUADRO 31. MUESTREO PARA CHORREA CON BALDE CUADRILLA DE FERMÍN**

Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-peón/m <sup>3</sup>
16/08/16	0	7	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,57	0,76	-	0,66	0,09
17/08/16	1	7	1	m <sup>3</sup>	4,59	0,50	0,98	0,11	0,76	0,11
30/08/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,81	0,61	0,73	0,10	0,52	0,10
08/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,88	1,03	0,15	0,74	0,15
09/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,70	0,10	0,50	0,10
13/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,70	0,10	0,50	0,10
17/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,75	0,88	0,13	0,63	0,13

**CUADRO 32. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON BALDE FERMÍN**

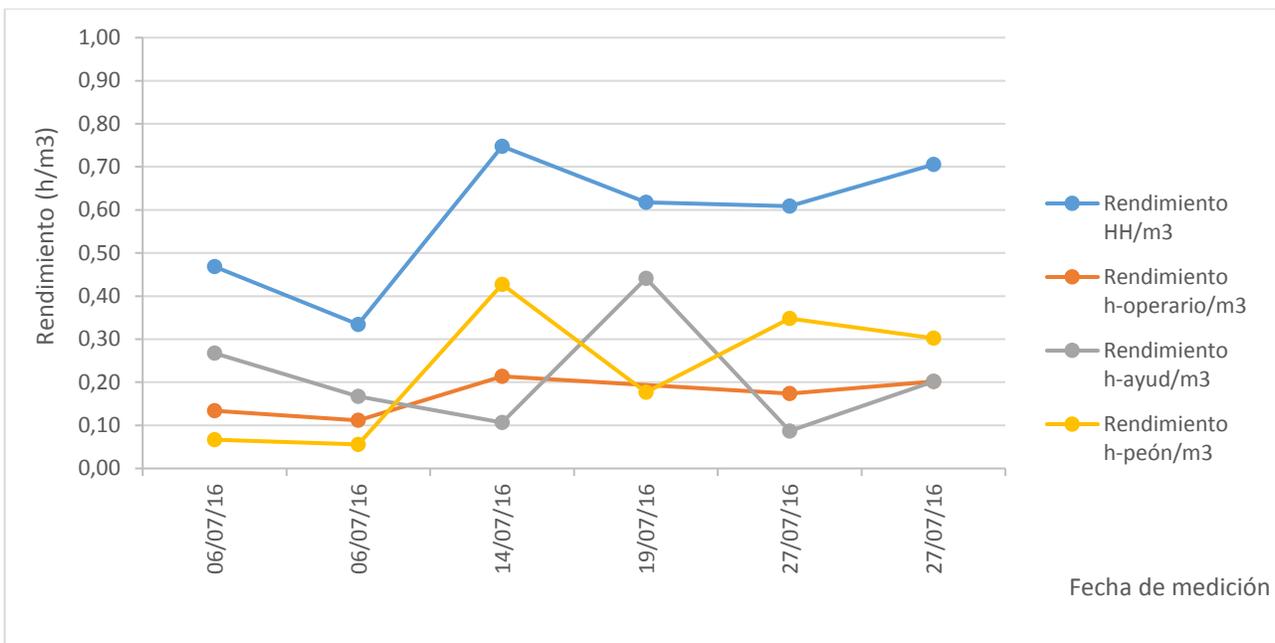
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>3</sup>	0,83	0,13	15,42%	17,65%	<b>0,97</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,11	0,02	14,84%	17,65%	<b>0,13</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,62	0,10	16,64%	17,65%	<b>0,72</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,11	0,02	15,41%	17,65%	<b>0,13</b>

Al unir todos los rendimientos obtenidos sin distinción de maestro de obras, se obtiene un rendimiento general tanto para chorrea con balde así como con telescópica. Los cuadros 33 y 34

muestran la validación estadística de cada uno de ellos y las figuras 128 y 129 muestran el avance del rendimiento conforme el avance del tiempo.

**CUADRO 33. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON TELESCÓPICA,  
PROYECTO QBO**

Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>3</sup>	0,58	0,14	24,26%	17,65%	<b>0,68</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,14	0,05	34,45%	17,65%	<b>0,16</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,21	0,12	55,99%	17,65%	<b>0,25</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,23	0,14	61,09%	17,65%	<b>0,27</b>



**Figura 128.** Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de chorrea con telescópica.

CUADRO 34. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON BALDE, PROYECTO QBO					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>3</sup>	0,67	0,19	28,61%	17,65%	<b>0,79</b>
h-operario/m <sup>3</sup>	0,16	0,07	44,03%	17,65%	<b>0,19</b>
h-ayud/m <sup>3</sup>	0,44	0,23	51,42%	17,65%	<b>0,52</b>
h-peón/m <sup>3</sup>	0,16	0,08	48,40%	17,65%	<b>0,19</b>

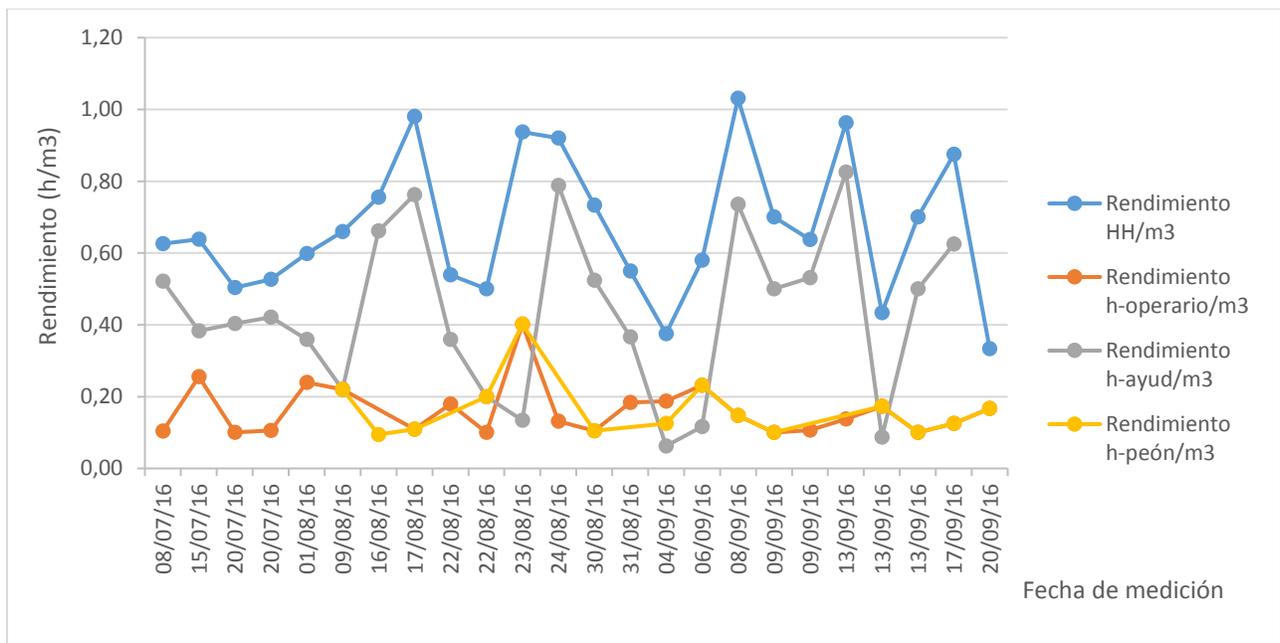
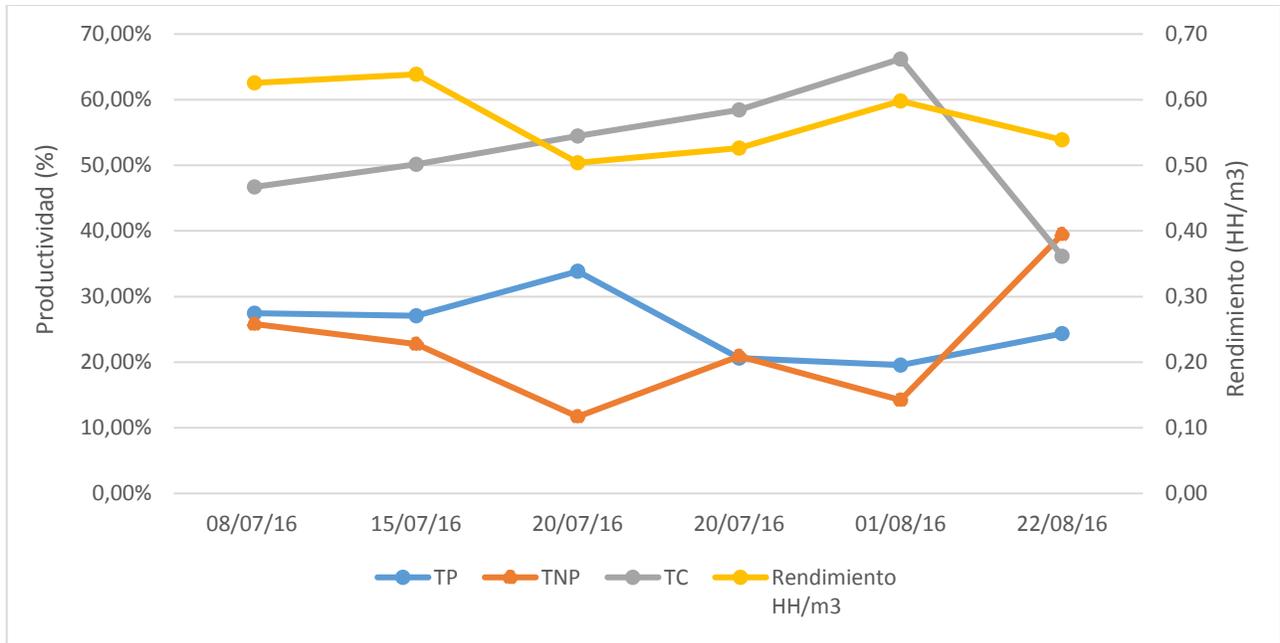


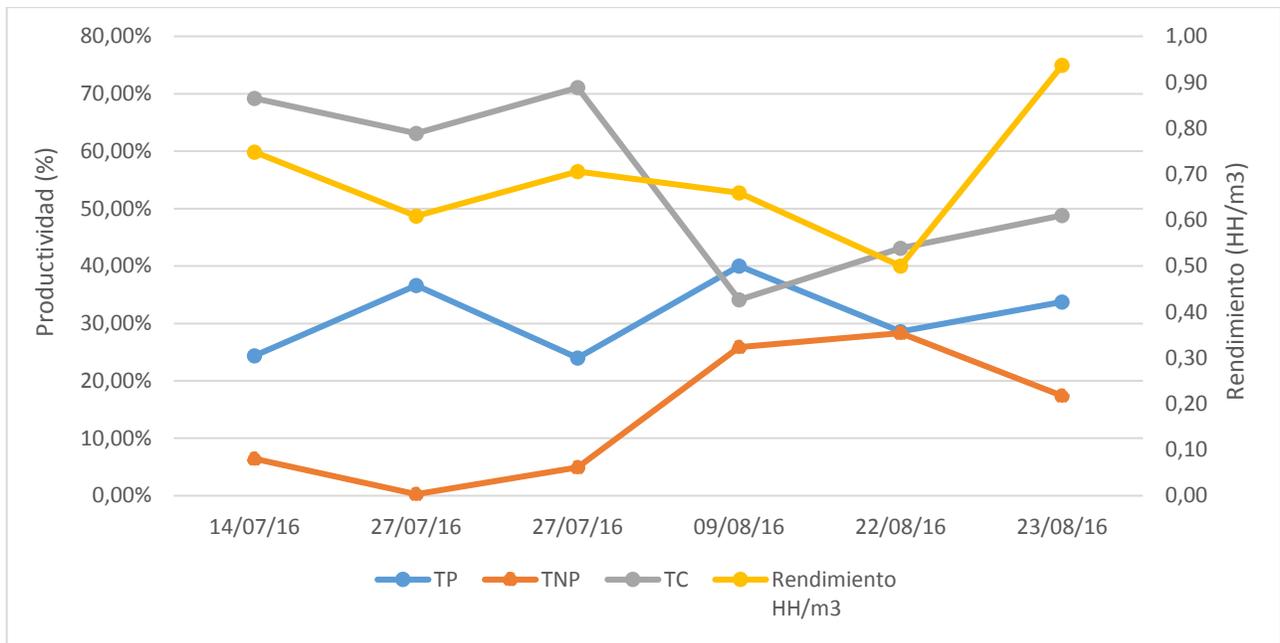
Figura 129. Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de chorrea con balde.

A modo de comparación, se muestran en las figuras 130, 131 y 132 cuál fue el respectivo

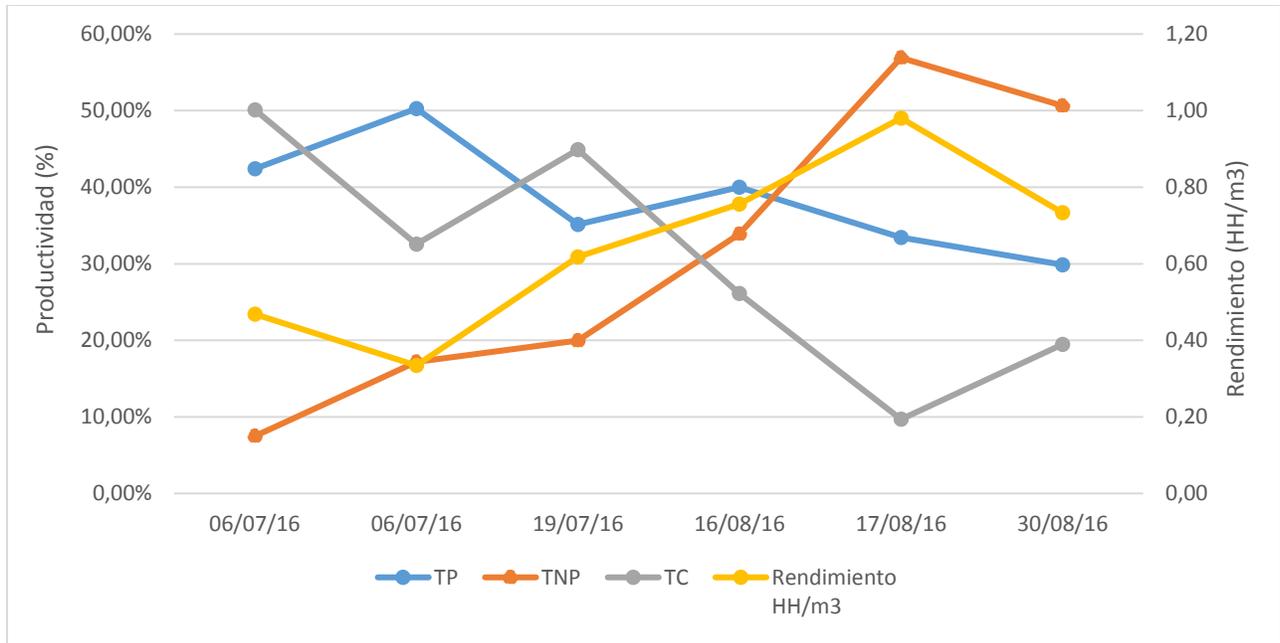
rendimiento para cada uno de los 6 muestreos de productividad para cada maestro de obras.



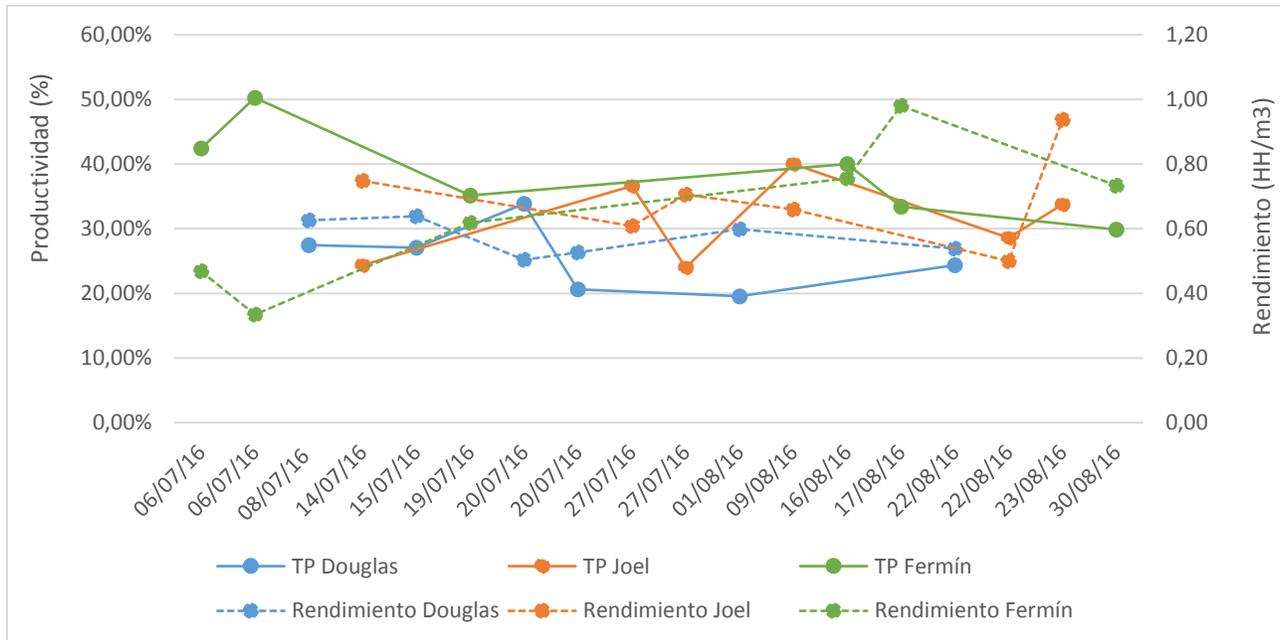
**Figura 130.** Gráfico comparativo de productividad y rendimiento, cuadrilla Douglas.



**Figura 131.** Gráfico comparativo de productividad y rendimiento, cuadrilla Joel.



**Figura 132.** Gráfico comparativo de productividad y rendimiento, cuadrilla Fermín.



**Figura 133.** Gráfico comparativo de productividad y rendimientos de los tres maestros de obra.

Por último se desarrolla un análisis estadístico mediante el software R con el cuál se logra determinar cuáles son los datos atípicos en el muestreo de datos desarrollado mediante el uso

de diagramas *box plot*. Además se determina con el uso de gráficos si hay correlación alguna entre los datos en estudio. Las figuras 134-138 ilustran lo anterior mencionado.

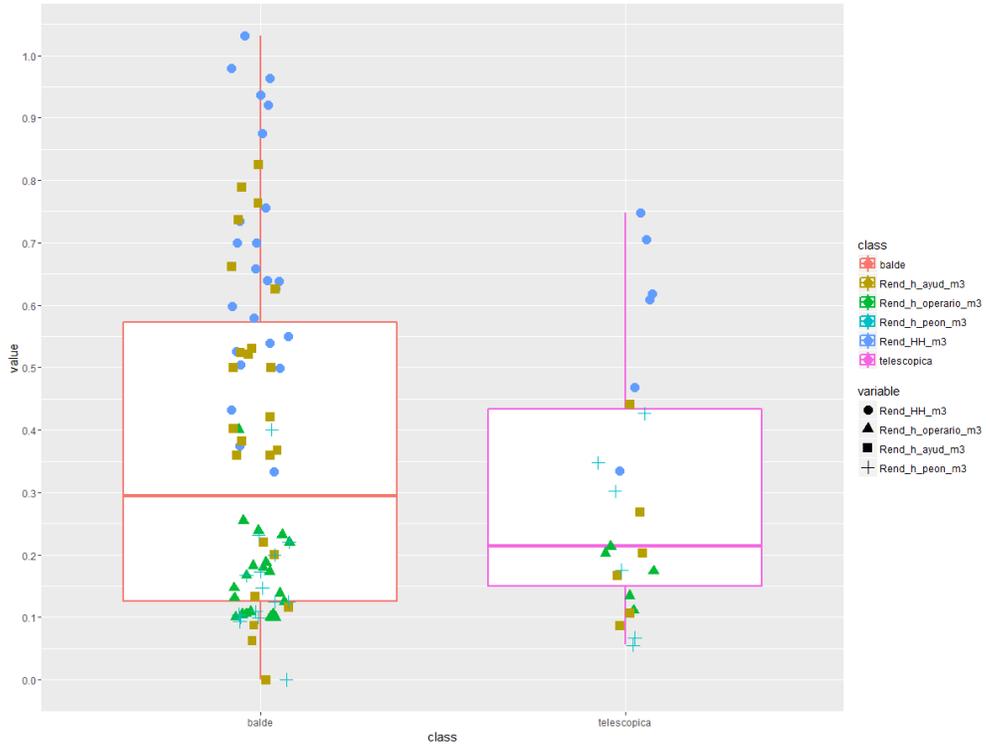


Figura 134. Diagrama box plot para chorroa con balde y con telescópica.

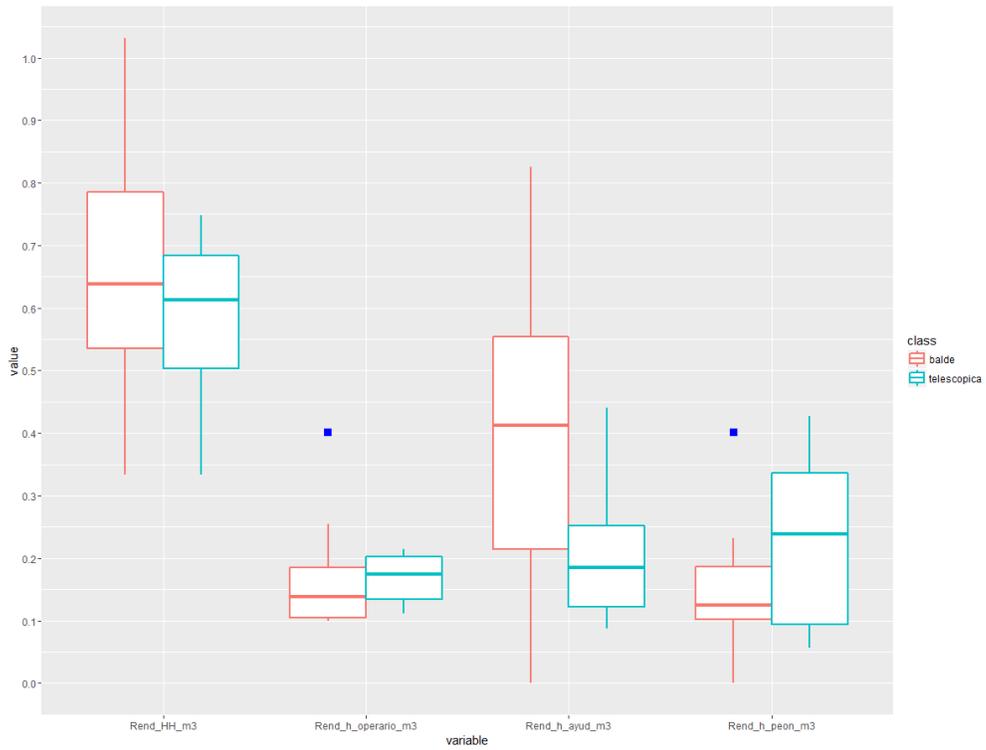
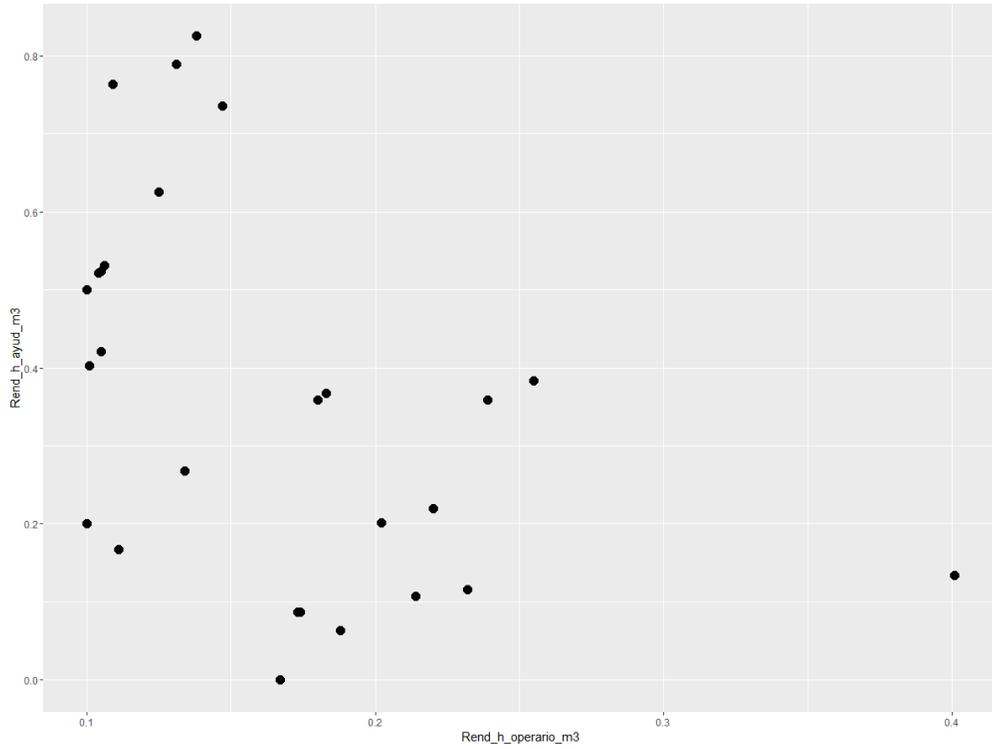
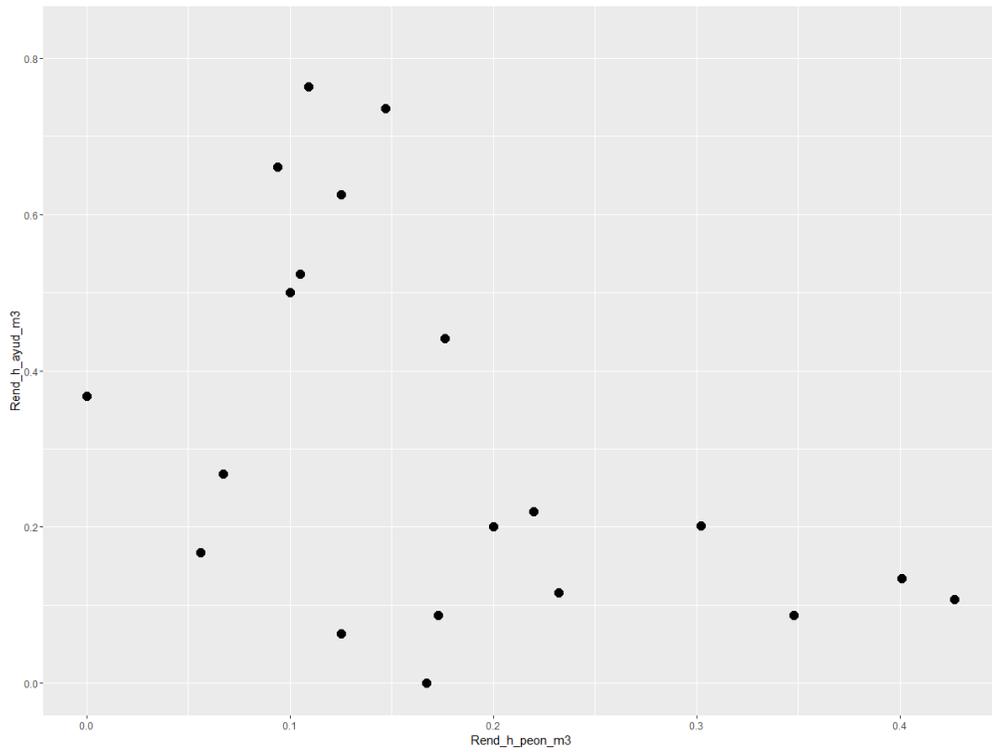


Figura 135. Diagrama box plot para chorroa con balde y con telescópica.



**Figura 136.** Rendimiento h-ayudante/m<sup>3</sup> contra Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup>.



**Figura 137.** Rendimiento h-ayudante/m<sup>3</sup> contra Rendimiento h-peón/m<sup>3</sup>.

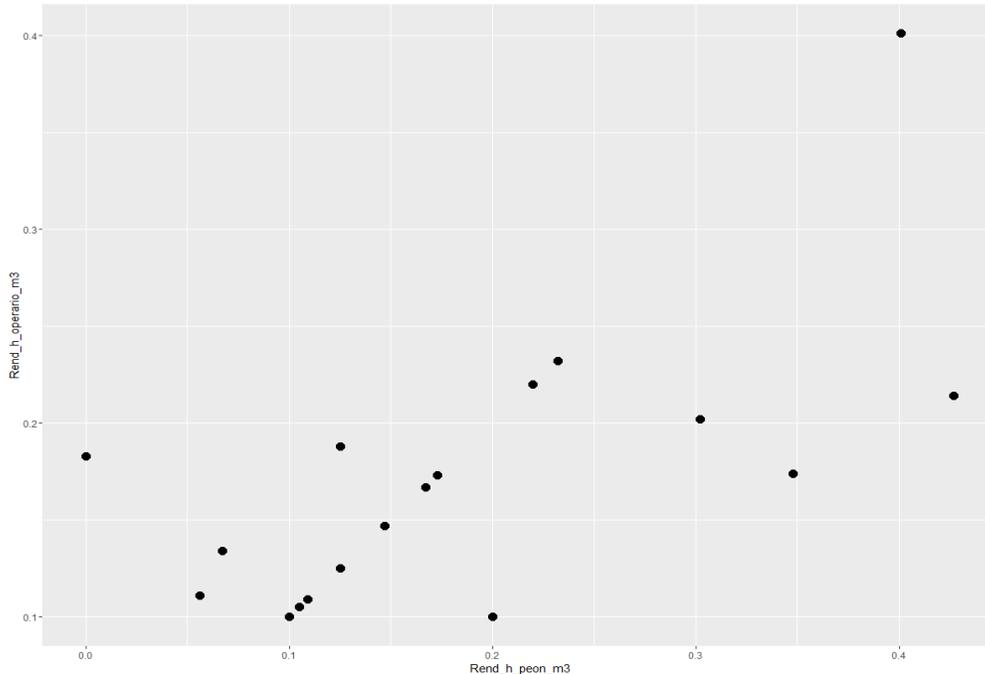


Figura 138. Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup> contra Rendimiento h-peón/m<sup>3</sup>.

## Encofrado y desencofrado de muros y columnas

Se muestran los rendimientos obtenidos junto a su validación estadística para los diferentes muestreos realizados primeramente para la actividad de encofrado de muros y columnas para

cada uno de los maestros de obras, esto en los cuadros del 35-46. Esta actividad se subdivide en dos tipos de rendimientos: encofrado manual y encofrado con grúa.

**CUADRO 35. MUESTREO PARA ENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE DOUGLAS**

Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
14/07/16	3	3	m <sup>2</sup>	1,35	0,49	246,00%	300,00%	100,00%	1,99	0,90	1,09
28/07/16	0	4	m <sup>2</sup>	10,53	1,04	0,00%	400,00%	100,00%	0,40	-	0,40
01/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,45	1,49	200,00%	100,00%	100,00%	0,47	0,32	0,16
08/08/16	3	4	m <sup>2</sup>	32,54	2,18	300,00%	400,00%	100,00%	0,47	0,20	0,27
10/08/16	0	4	m <sup>2</sup>	12,69	1,15	0,00%	400,00%	100,00%	0,36	-	0,36
23/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	5,40	0,58	200,00%	100,00%	100,00%	0,32	0,22	0,11
24/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	19,98	1,41	200,00%	100,00%	75,00%	0,28	0,19	0,09
02/09/16	3	3	m <sup>2</sup>	20,12	0,87	300,00%	300,00%	100,00%	0,26	0,13	0,13

<b>CUADRO 36. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO MANUAL DOUGLAS</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,57	0,54	95,11%	17,65%	<b>0,67</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,32	0,26	80,62%	17,65%	<b>0,38</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,33	0,31	94,88%	17,65%	<b>0,38</b>

<b>CUADRO 37. MUESTREO PARA ENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE DOUGLAS</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cant.</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo operario</b>	<b>% Tiempo ayudante</b>	<b>%Act completo</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>3</sup></b>
14/07/16	3	3	m <sup>2</sup>	2,70	0,43	206,00%	300,00%	100,00%	0,80	0,32	0,47
20/07/16	0	4	m <sup>2</sup>	18,50	1,03	0,00%	355,38%	100,00%	0,20	-	0,20
01/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	14,85	0,95	140,35%	40,35%	80,00%	0,14	0,11	0,03
11/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	17,01	1,23	300,00%	200,00%	100,00%	0,36	0,22	0,14

<b>CUADRO 38. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO GRÚA DOUGLAS</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,37	0,26	68,28%	17,65%	<b>0,44</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,22	0,09	39,80%	17,65%	<b>0,26</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,21	0,16	76,44%	17,65%	<b>0,25</b>

**CUADRO 39. MUESTREO PARA ENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE JOEL**

Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
13/07/16	2	3	m <sup>2</sup>	13,50	0,83	200,00%	300,00%	80,00%	0,39	0,15	0,23
27/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	10,53	1,28	200,00%	115,25%	100,00%	0,38	0,24	0,14
19/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	8,37	0,51	200,00%	200,00%	80,00%	0,30	0,15	0,15
23/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	7,43	0,63	200,00%	100,00%	70,00%	0,37	0,24	0,12
01/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	3,51	0,32	100,00%	100,00%	70,00%	0,26	0,13	0,13
05/09/16	2	1	m <sup>2</sup>	7,29	1,12	150,00%	100,00%	100,00%	0,38	0,23	0,15

**CUADRO 40. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO MANUAL JOEL**

Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,35	0,05	14,04%	17,65%	<b>0,41</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,19	0,05	24,86%	17,65%	<b>0,23</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,15	0,04	23,46%	17,65%	<b>0,18</b>

**CUADRO 41. MUESTREO PARA ENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE JOEL**

Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
15/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	24,84	1,22	111,87%	64,84%	93,60%	0,09	0,06	0,03
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,18	200,00%	100,00%	60,00%	0,09	0,06	0,03
19/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	7,29	0,35	100,00%	100,00%	60,00%	0,16	0,08	0,08
22/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,43	200,00%	100,00%	70,00%	0,19	0,12	0,06
27/09/16	2	3	m <sup>2</sup>	52,92	0,43	200,00%	300,00%	50,00%	0,08	0,03	0,05

<b>CUADRO 42. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO GRÚA JOEL</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,12	0,04	35,44%	17,65%	<b>0,14</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,07	0,03	43,46%	17,65%	<b>0,08</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,05	0,02	36,35%	17,65%	<b>0,06</b>

<b>CUADRO 43. MUESTREO PARA ENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE FERMÍN</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cant.</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo operario</b>	<b>% Tiempo ayudante</b>	<b>%Act completo</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>3</sup></b>
08/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	4,86	0,25	200,00%	200,00%	70,00%	0,29	0,15	0,15
18/07/16	1	1	m <sup>2</sup>	0,68	0,20	100,00%	100,00%	100,00%	0,59	0,30	0,30
02/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	4,86	0,21	200,00%	200,00%	70,00%	0,24	0,12	0,12
03/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	0,81	0,05	200,00%	125,00%	60,00%	0,33	0,21	0,13
16/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	23,22	0,93	100,00%	100,00%	80,00%	0,10	0,05	0,05
18/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	15,66	1,17	200,00%	200,00%	100,00%	0,30	0,15	0,15
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	2,43	0,04	200,00%	300,00%	75,00%	0,11	0,05	0,07
08/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	8,37	0,49	300,00%	200,00%	100,00%	0,29	0,18	0,12
09/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	16,47	0,88	300,00%	200,00%	100,00%	0,27	0,16	0,11

<b>CUADRO 44. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO MANUAL FERMÍN</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,28	0,13	47,65%	17,65%	0,33
h-operario/m <sup>2</sup>	0,15	0,07	48,06%	17,65%	0,18
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,13	0,07	50,07%	17,65%	0,16

<b>CUADRO 45. MUESTREO PARA ENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE FERMÍN</b>											
Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
18/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	18,23	0,28	200,00%	200,00%	60,00%	0,10	0,05	0,05
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	17,82	0,73	200,00%	300,00%	100,00%	0,20	0,08	0,12
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	17,82	0,48	200,00%	300,00%	100,00%	0,13	0,05	0,08
16/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	33,48	0,81	100,00%	100,00%	70,00%	0,07	0,03	0,03
29/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	41,58	1,54	300,00%	300,00%	100,00%	0,22	0,11	0,11
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	31,73	1,34	200,00%	300,00%	100,00%	0,21	0,08	0,13
08/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	32,40	1,09	300,00%	200,00%	100,00%	0,17	0,10	0,07

<b>CUADRO 46. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO GRÚA FERMÍN</b>					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,16	0,05	34,22%	17,65%	<b>0,19</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,07	0,03	35,27%	17,65%	<b>0,09</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,08	0,03	39,35%	17,65%	<b>0,10</b>

Los cuadros 47 y 48 muestran la validación estadística de todos los datos, esto con el objetivo de obtener un rendimiento general de la actividad, sin distinción de maestro de obras. De igual forma,

las figuras 139 y 140 ilustran el avance del rendimiento conforme el avance de las mediciones realizadas.

CUADRO 47. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO MANUAL, PROYECTO QBO					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,40	0,35	88,95%	17,65%	0,47
h-operario/m <sup>2</sup>	0,21	0,17	78,65%	17,65%	0,25
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,21	0,21	101,23%	17,65%	0,24

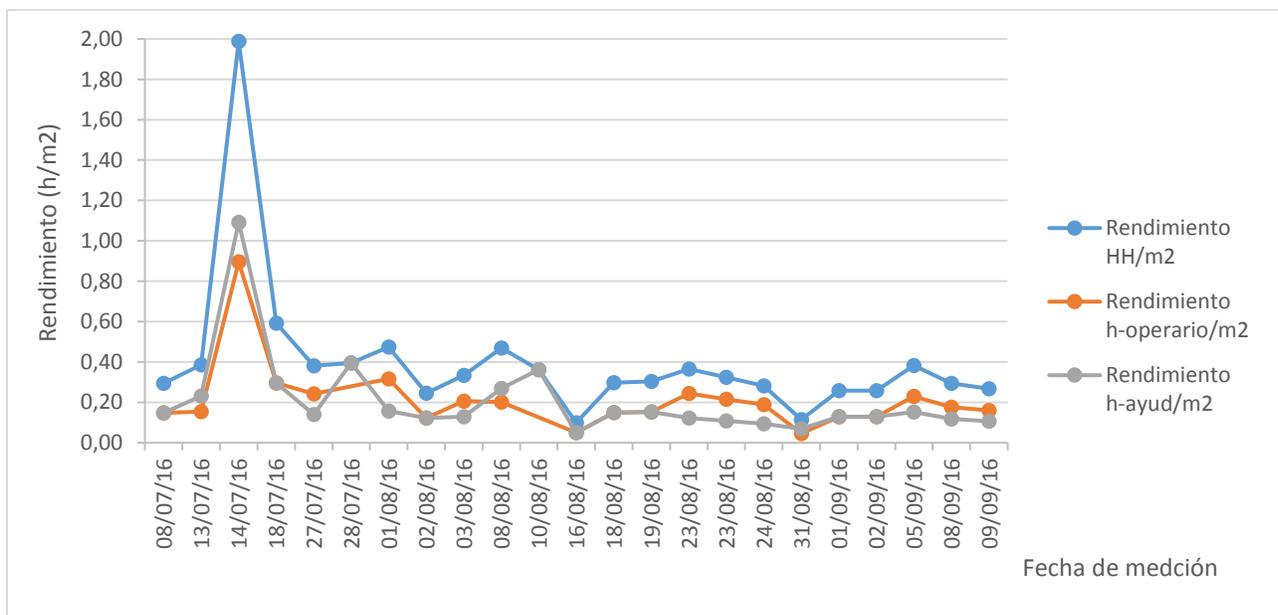


Figura 139. Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de encofrado manual.

CUADRO 48. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ENCOFRADO CON GRÚA, PROYECTO QBO					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,20	0,17	83,91%	17,65%	<b>0,24</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,10	0,07	72,81%	17,65%	<b>0,12</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,11	0,11	99,36%	17,65%	<b>0,12</b>

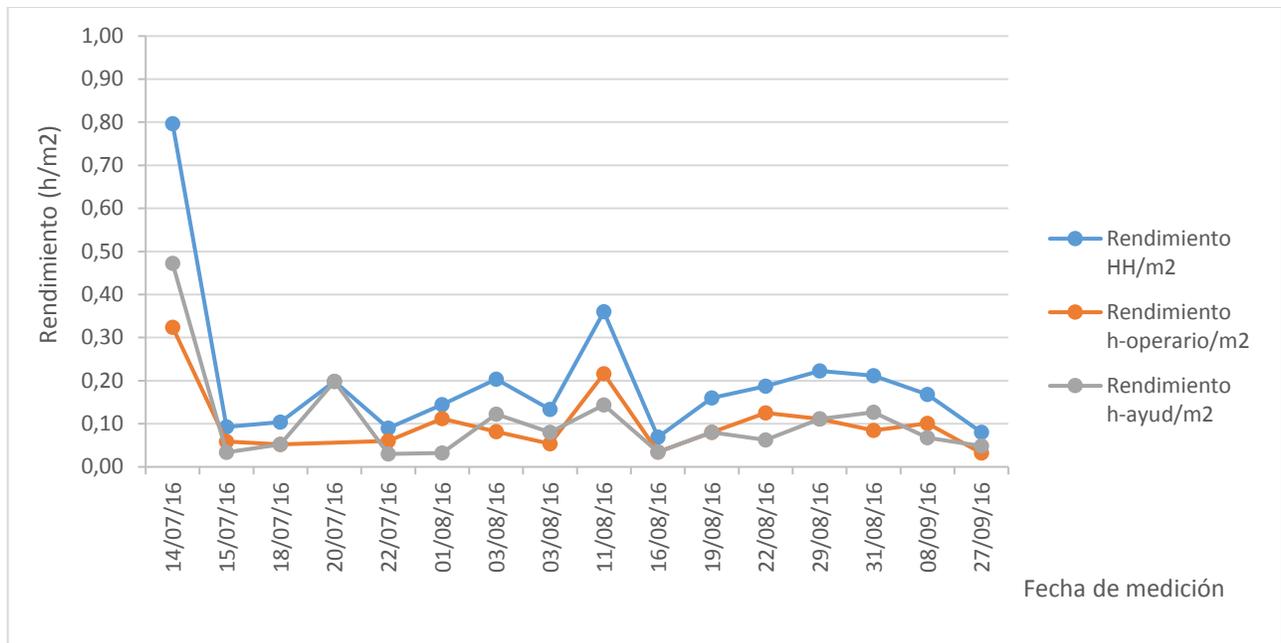


Figura 140. Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de encofrado con grúa.

De igual forma se muestran para la actividad de desencofrado de muros y columnas los rendimientos obtenidos así como su respectiva validación estadística en los cuadros del 49-60.

Para dicha actividad se obtiene dos tipos de rendimientos según la forma en la que fue ejecutada: manualmente o por medio de grúa.

CUADRO 49. MUESTREO PARA DESENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE DOUGLAS												
Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m³	Rendimiento h-operario/m³	Rendimiento h-ayud/m³	
28/07/16	2	1	m²	18,63	0,74	200,00%	13,48%	50,00%	0,17	0,16	0,01	
28/07/16	0	1	m²	2,43	0,04	0,00%	100,00%	62,50%	0,02	-	0,02	
28/07/16	0	2	m²	2,43	0,13	0,00%	200,00%	87,50%	0,13	-	0,13	
10/08/16	0	4	m²	7,29	0,15	0,00%	400,00%	75,00%	0,11	-	0,11	
21/09/16	0	4	m²	14,58	0,28	0,00%	400,00%	75,00%	0,10	-	0,10	
29/09/16	0	1	m²	5,40	0,21	0,00%	100,00%	100,00%	0,04	-	0,04	

<b>CUADRO 50. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO MANUAL DOUGLAS</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,10	0,05	52,57%	17,65%	<b>0,11</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,16	0,00	0,00%	17,65%	<b>0,19</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,07	0,05	66,10%	17,65%	<b>0,08</b>

<b>CUADRO 51. MUESTREO PARA DESENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE DOUGLAS</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cant.</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo operario</b>	<b>% Tiempo ayudante</b>	<b>%Act completo</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>3</sup></b>
23/09/2016	2	3	m <sup>2</sup>	34,16	0,47	200,00%	300%	100%	0,07	0,03	0,04

<b>CUADRO 52. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO GRÚA DOUGLAS</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,07	17,65%	<b>0,08</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,03	17,65%	<b>0,03</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,04	17,65%	<b>0,05</b>

<b>CUADRO 53. MUESTREO PARA DESENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE JOEL</b>											
Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
22/07/16	1	1	m <sup>2</sup>	0,81	0,05	100,00%	100,00%	75,00%	0,16	0,08	0,08
27/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	11,34	0,50	200,00%	100,00%	75,00%	0,18	0,12	0,06
01/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	2,43	0,03	100,00%	100,00%	62,50%	0,04	0,02	0,02
05/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	8,10	0,47	100,00%	100,00%	100,00%	0,12	0,06	0,06
06//09/16	1	1	m <sup>2</sup>	5,40	0,75	100,00%	100,00%	100,00%	0,28	0,14	0,14
21/09/16	2	1	m <sup>2</sup>	5,40	0,58	200,00%	100,00%	100,00%	0,32	0,21	0,11

<b>CUADRO 54. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO MANUAL JOEL</b>					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,16	0,10	62,32%	17,65%	<b>0,18</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,08	0,07	77,78%	17,65%	<b>0,10</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,07	0,04	52,84%	17,65%	<b>0,08</b>

<b>CUADRO 55. MUESTREO PARA DESENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE JOEL</b>											
Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,12	200,00%	100,00%	75%	0,05	0,03	0,02
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	11,07	0,20	200,00%	100,00%	75%	0,07	0,05	0,02

<b>CUADRO 56. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO GRÚA JOEL</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,06	0,01	20,17%	17,65%	<b>0,07</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,04	0,01	20,17%	17,65%	<b>0,05</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,02	0,00	20,17%	17,65%	<b>0,02</b>

<b>CUADRO 57. MUESTREO PARA DESENCOFRADO MANUAL CUADRILLA DE FERMÍN</b>											
<b>Fecha</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cant.</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo operario</b>	<b>% Tiempo ayudante</b>	<b>%Act completo</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>3</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>3</sup></b>
03/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	3,92	0,03	100,00%	100,00%	75,00%	0,02	0,01	0,01
18/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	4,86	0,07	200,00%	200,00%	75,00%	0,07	0,04	0,04
28/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	1,89	0,12	100,00%	100,00%	100,00%	0,12	0,06	0,06
29/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	5,40	0,06	100,00%	100,00%	75,00%	0,03	0,01	0,01

<b>CUADRO 58. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO MANUAL FERMÍN</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
HH/m <sup>2</sup>	0,06	0,04	69,11%	17,65%	<b>0,07</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,03	0,02	69,11%	17,65%	<b>0,04</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,03	0,02	69,11%	17,65%	<b>0,04</b>

<b>CUADRO 59. MUESTREO PARA DESENCOFRADO GRÚA CUADRILLA DE FERMÍN</b>												
Fecha	Operario	Ayudante	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	% Tiempo operario	% Tiempo ayudante	%Act completo	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	19,44	0,17	200,00%	300,00%	75,00%	0,06	0,02	0,03	
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	5,67	0,17	200,00%	300,00%	75,00%	0,20	0,08	0,12	
29/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	20,79	0,17	300,00%	300,00%	75,00%	0,06	0,03	0,03	
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	18,90	0,17	200,00%	300,00%	75,00%	0,06	0,02	0,04	
09/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	11,34	0,15	100,00%	100,00%	75,00%	0,04	0,02	0,02	
27/09/16	2	1	m <sup>2</sup>	20,79	0,49	200,00%	100,00%	100,00%	0,07	0,05	0,02	

<b>CUADRO 60. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO GRÚA FERMÍN</b>					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
% Actividad completado	0,08	0,05	65,74%	17,65%	<b>0,09</b>
Rendimiento HH/m <sup>2</sup>	0,04	0,02	56,32%	17,65%	<b>0,04</b>
Rendimiento h-operario/m <sup>2</sup>	0,04	0,03	77,73%	17,65%	<b>0,05</b>

Al igual que en los casos anteriores, se procede a mostrar la validación estadística de los datos en general para obtener el rendimiento de desencofrado manual y con grúa del proyecto

QBO. Los cuadros 61 y 62 respaldan lo antes mencionado y las figuras 141 y 142 ilustran el rendimiento de todas las mediciones realizadas con el avance del tiempo.

CUADRO 61. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO MANUAL, PROYECTO QBO					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,12	0,08	71,12%	17,65%	<b>0,14</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,08	0,06	76,52%	17,65%	<b>0,10</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,06	0,04	67,38%	17,65%	<b>0,07</b>

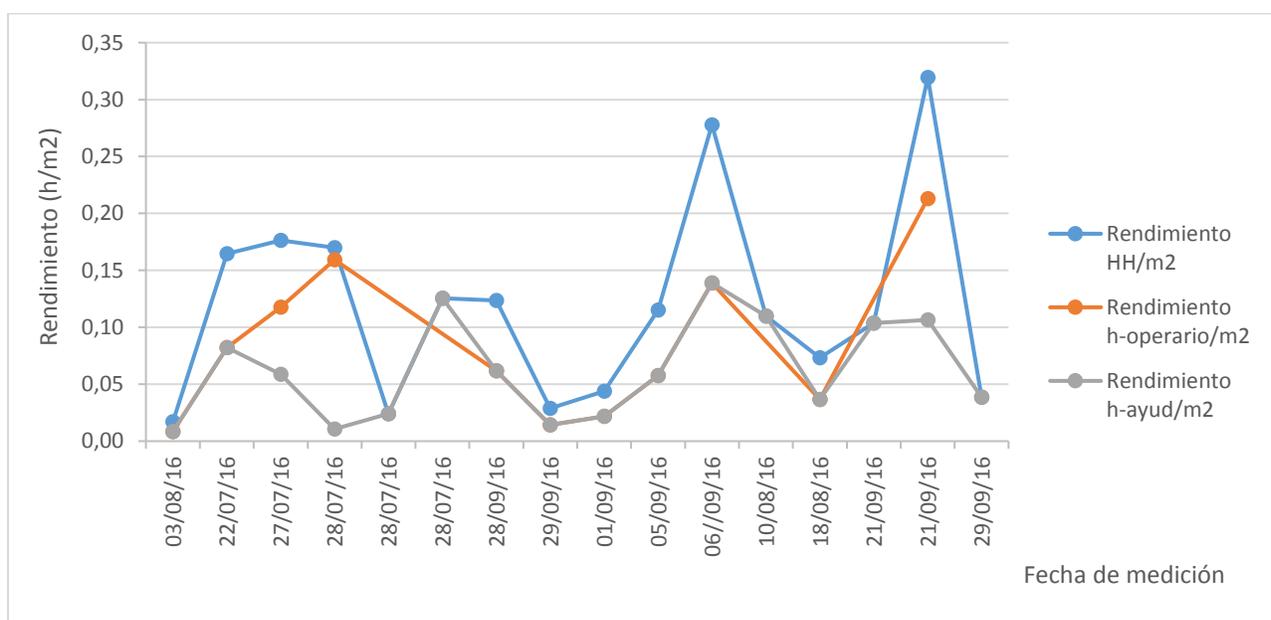


Figura 141. Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de desencofrado manual.

CUADRO 62. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DESENCOFRADO GRÚA, PROYECTO QBO					
Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
HH/m <sup>2</sup>	0,07	0,04	59,50%	17,65%	<b>0,09</b>
h-operario/m <sup>2</sup>	0,04	0,02	48,57%	17,65%	<b>0,04</b>
h-ayud/m <sup>2</sup>	0,04	0,03	77,05%	17,65%	<b>0,04</b>

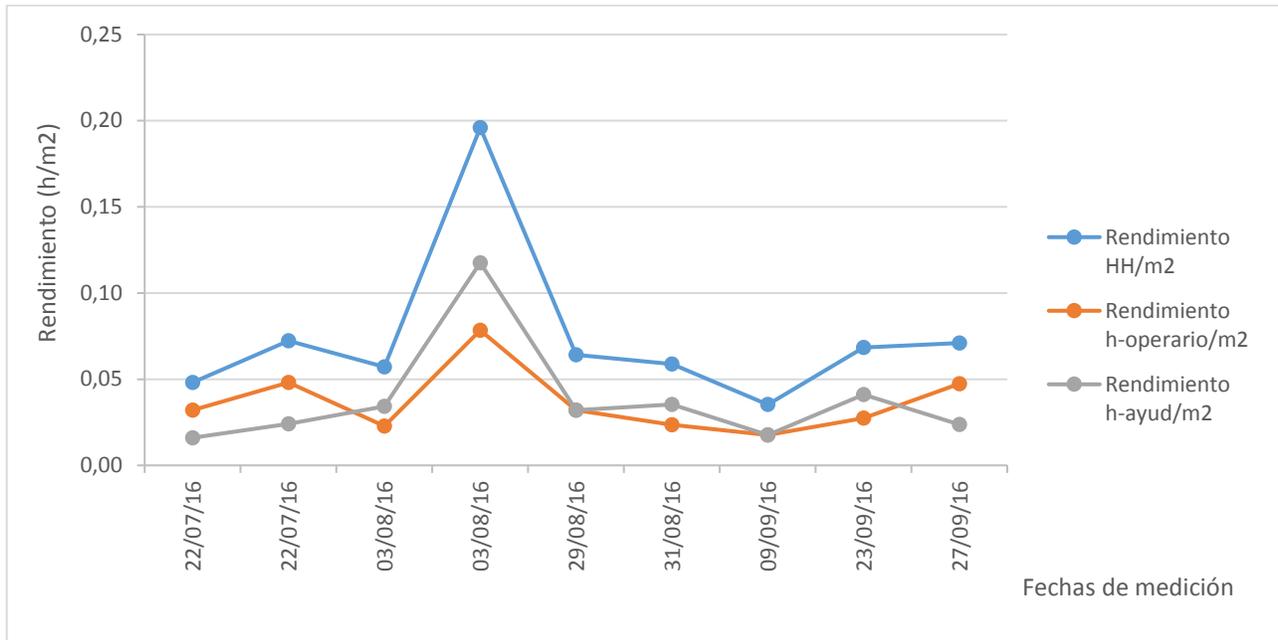


Figura 142. Rendimiento obtenido para cada una de las mediciones de desencofrado con grúa.

De igual forma mediante el software R se logra determinar cuáles son los datos atípicos en el muestreo de datos desarrollado mediante el uso de diagramas *box plot* y se ejecutan gráficos para

determinar si existe correlación alguna entre los datos en estudio. Las figuras 143-146 ilustran lo anterior mencionado.

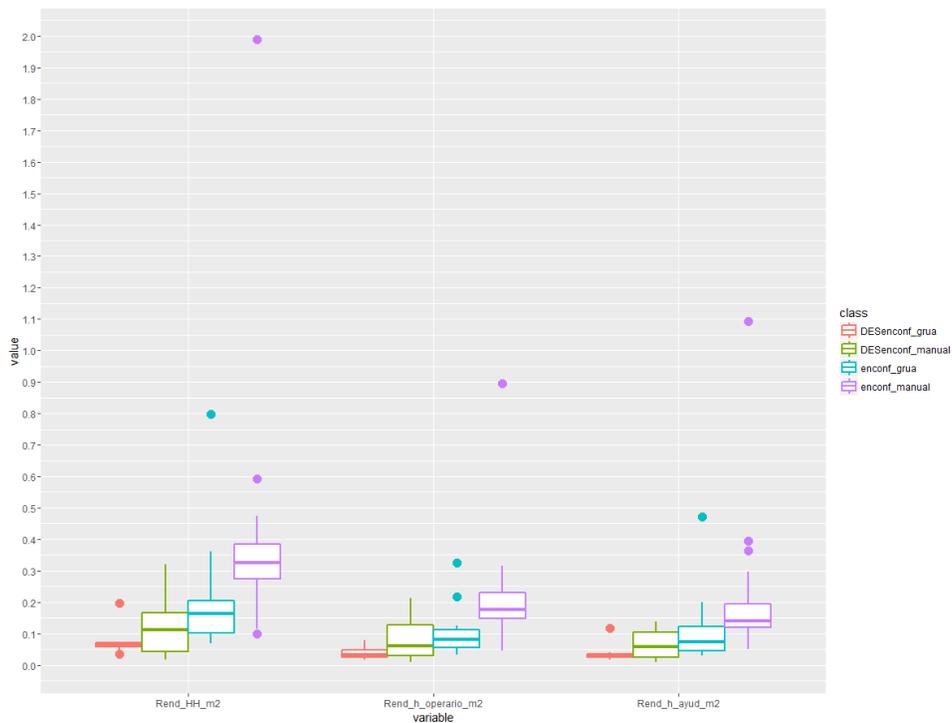
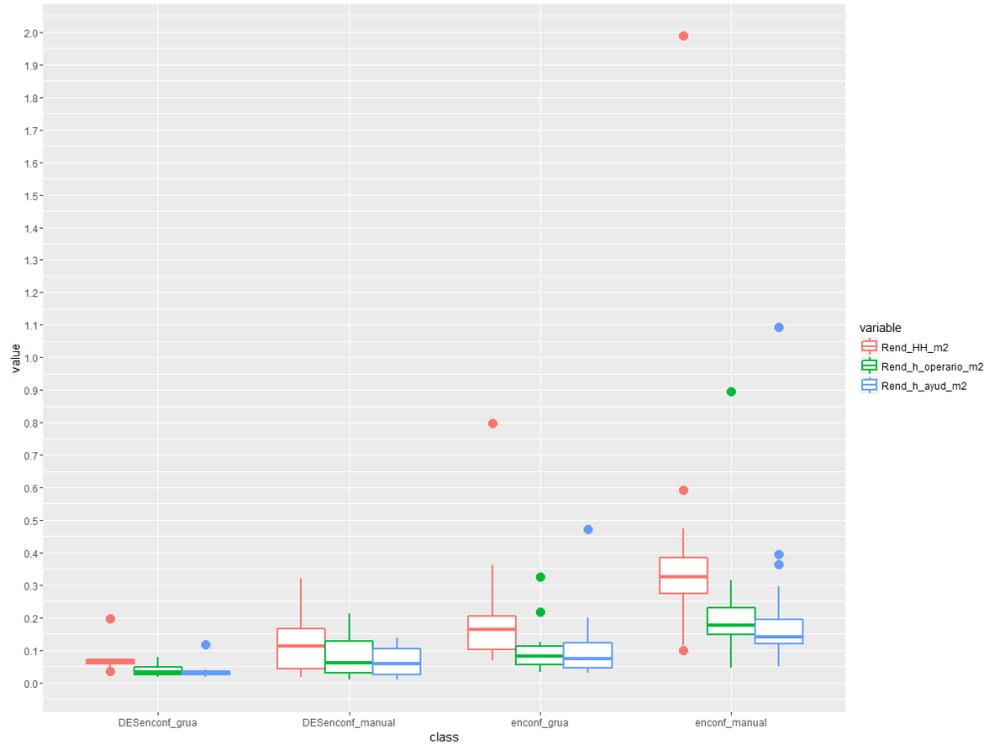
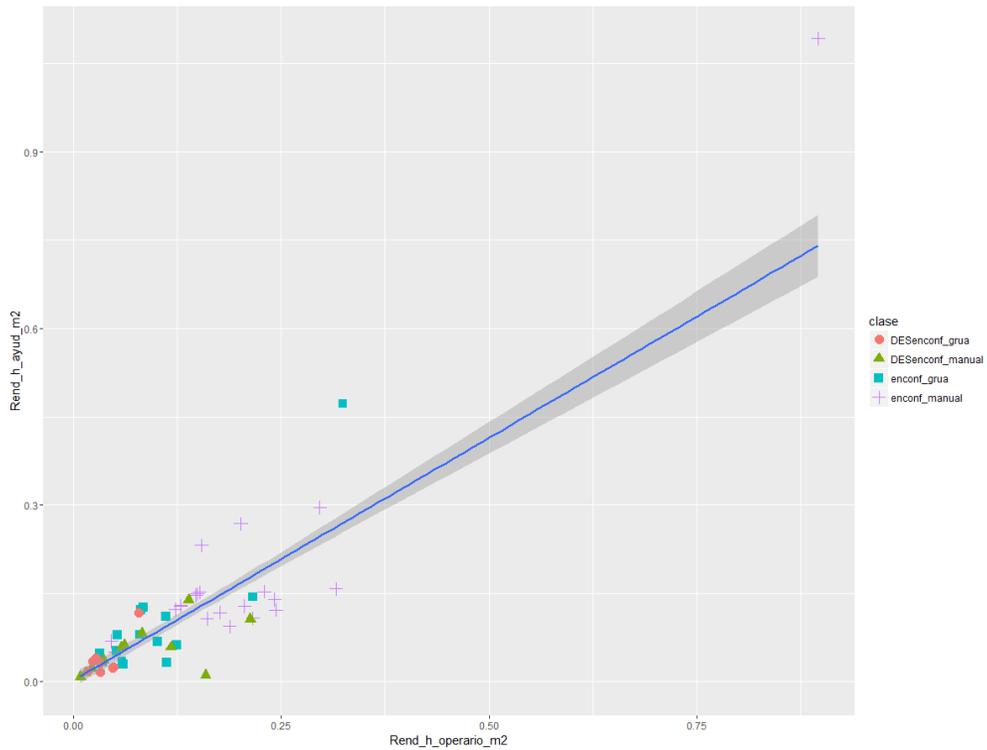


Figura 143. Diagrama box plot para encofrado y desencofrado de muros y columnas.



**Figura 144.** Diagrama box plot para encofrado y desencofrado de muros y columnas.



**Figura 145.** Rendimiento h-ayudante/m² contra Rendimiento h-operario/m².

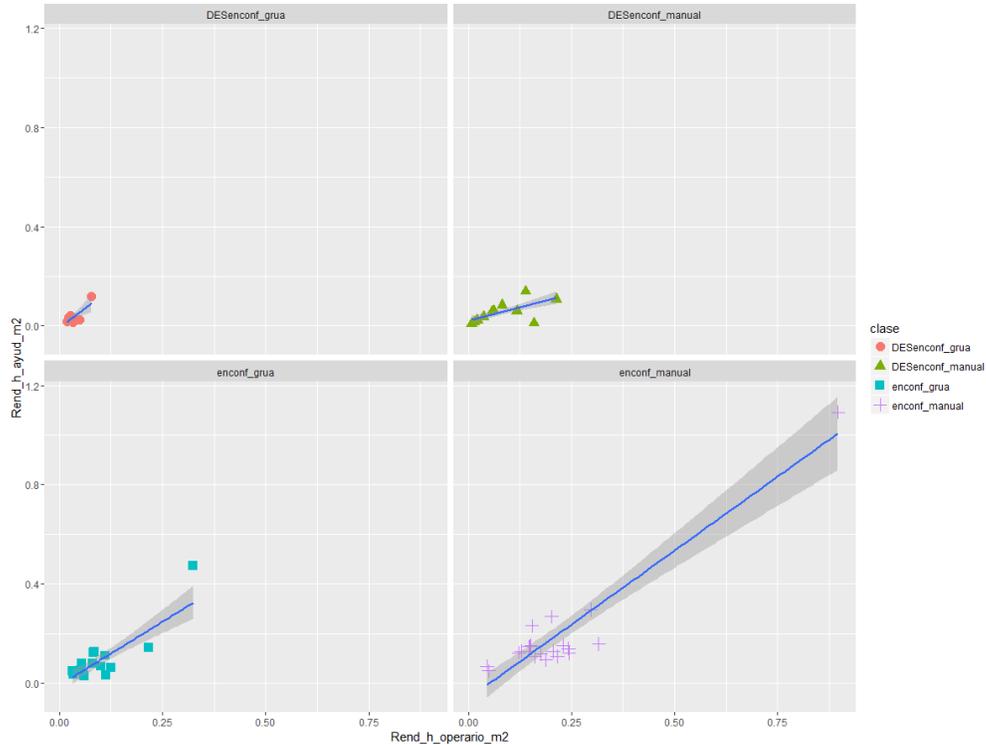


Figura 146. Rendimiento  $h$ -ayudante/ $m^2$  contra Rendimiento  $h$ -operario/ $m^2$ .

## Chorrea de muros y columnas con Placing Boom

La empresa H Solís adquirió un sistema para chorreas llamado Placing Boom. Como su instalación fue casi al término del periodo de práctica profesional, solo se realizó la medición del

rendimiento de una chorrea de muros y columnas. La misma se puede observar en los cuadros 63 y 64.

**CUADRO 63. MUESTREO PARA CHORREA CON PLACING BOOM, PROYECTO QBO**

Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	HH/ $m^3$	$h$ -operario/ $m^3$	$h$ -ayud/ $m^3$	$h$ -peón/ $m^3$
12/10/16	2	1	3	$m^3$	4,83	0,40	0,50	0,17	0,08	0,25

<b>CUADRO 64. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA CHORREA CON PLACING BOOM, PROYECTO QBO</b>			
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
Rendimiento HH/m3	0,50	17,65%	<b>0,58</b>
Rendimiento h-operario/m3	0,17	17,65%	<b>0,19</b>
Rendimiento h-ayud/m3	0,08	17,65%	<b>0,10</b>
Rendimiento h-peón/m3	0,25	17,65%	<b>0,29</b>

## Propuesta de mejora

Al ser identificados los factores influyentes en la productividad y rendimientos de las actividades analizadas, se presenta una serie de propuestas para ser implementadas en este proyecto o principalmente en futuros proyectos de la empresa. Cabe mencionar que algunos factores y

propuestas de mejoras fueron mencionados en reuniones realizadas con los encargados del proyecto durante el periodo de práctica profesional y solo 1 propuesta de mejora fue implementada (ver propuesta de mejora en negrita).

<b>CUADRO 65. PROPUESTAS DE MEJORA PARA LOS FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES ANALIZADAS</b>	
<b>Factores</b>	<b>Propuestas de mejora</b>
Lluvias excesivas al momento de chorro de muros y columnas.	Realizar cambios en cronograma de chorreas de muros y columnas, ya que las mismas son programadas en horarios que coinciden con mayor regularidad con las lluvias (son realizadas después de las 3:00 pm).
Falta de equipo y herramientas/equipo en mal estado.	-Desde la parte administrativa, calcular de manera más precisa la cantidad de equipo necesario según el requerimiento en las tareas del proyecto. -De la misma forma realizar de manera más eficiente las solicitudes de equipo y herramientas, contemplando el desgaste que sufren las mismas para evitar desabastecimiento. -Contar con un mantenimiento preventivo del equipo con el fin de reducir el costo de la compra de equipo nuevo.
Equipo ubicado lejos del sitio de trabajo.	Establecer un periodo al inicio de cada día para preparar el área de trabajado, acercando el equipo y herramientas necesario para la tarea a realizar.

Dificultad de acceso de uso de grúa.	<p>-Preparar un cronograma diario para que los tiempos de grúa sean más equitativos para cada tarea del proyecto.</p> <p>-Con el cronograma anterior, destinar periodos fijos diarios por maestro de obras para que puedan realizar movimientos masivos de paneles.</p>
Atrasos en llegada de chompipas.	Exigir puntualidad por parte de la empresa proveedora con el uso de multas en caso de atrasos como primera medida, si los atrasos persisten cerrar o renegociar contrato con la misma.
Desorden en el sitio y espacio reducido de trabajo.	<p>-Instruir a los trabajadores sobre el uso y manejo del espacio de trabajo.</p> <p>-Obtenido lo anterior, crear multas personales o grupales (cuadrillas) si incumplen con el orden en el sitio.</p> <p>-Si el desorden es producido por trabajadores subcontratados, hablar con la compañía a cargo para su instrucción o amonestación según sea el caso.</p> <p>-Realizar un diseño de sitio que optimice el espacio del proyecto, evitando obstrucciones que impidan el libre tránsito del personal.</p>
Inexistencia de ascensor para transporte de materiales y personas.	Para futuros proyectos, contemplar la instalación de un ascensor en una fecha proyectada por los ingenieros a cargo.
Fatiga.	<p>Este punto se disminuiría con dos puntos abarcados anteriormente:</p> <p>-Instalación de un ascensor, para evitar subir y bajar gradas con regularidad durante el día.</p> <p>- Cambiar hora de chorro de muros y columnas para que dicha actividad se evite realizar en horas extras.</p>
Desmotivación por entrega de salarios tardíos y con montos erróneos.	<p>-Mejorar el sistema de control de horas en la empresa para el manejo de planilla.</p> <p>- Ir corroborando las horas de los trabajadores conforme se va avanzando la quincena y no al final de la misma para disminuir posibles errores con la cantidad de horas trabajadas.</p>
Inexistencia de espacio destinado para comedor.	Para futuros proyectos, al realizar el diseño de sitio establecer un espacio fijo destinado para comedor del proyecto. El mismo debe de contar con las condiciones mínimas como espacio suficiente para la cantidad de trabajadores en el proyecto. Si la planilla de trabajadores es muy grande, planificar los tiempos de comida en diferentes horas.
Cantidad inadecuada de miembros en cuadrillas de trabajo.	<p>-Mediante análisis de productividad, determinar la cantidad adecuada de personas en una cuadrilla para aminorar el tiempo ocioso.</p> <p>-Realizar revisiones aleatorias donde se verifique que tanto operarios como ayudantes se encuentren trabajando equitativamente en su labor.</p>

	- Analizar la necesidad real de utilizar recurso humano en tareas como: sostener una tabla al momento de la chorrea para evitar derrame de concreto o sostener el motor del vibrador, ya que mediante el análisis realizado se comprueba que la productividad evaluada en dichas tareas aumenta el tiempo contributivo de chorreas.
Tiempo contributivo alto por transporte de balde al momento de la chorrea.	- Realizar pruebas de tiempos para verificar la posibilidad de utilizar 2 baldes en chorreas de muros y columnas. - Analizar con mayor medida el equipo Placing Boom para determinar cuál método es el que mayor productividad y rendimiento ofrece para las chorreas.
Trabajos mal realizados.	Realizar capacitaciones al personal antes de empezar el contrato con la empresa, para cerciorar un nivel básico de conocimiento en las labores a desempeñar.

## Hojas de control de actividades

Aunado a lo anterior, con el objetivo de llevar un debido control de las actividades analizadas se procede a realizar una hoja interactiva con el software de Microsoft Excel para evaluar encofrado, desencofrado, chorrea y rendimientos de muros y columnas. Como se puede observar en la figura 147 la hoja posee una interfaz inicial en la cual se puede escoger la hoja de control a la que se desea acceder.

Propiamente en las hojas de encofrado, desencofrado y chorrea, se cuenta con una serie de preguntas las cuales tienen como respuesta "Sí" o "No" y según la cantidad de respuestas afirmativas obtenidas el sistema brinda una calificación de cómo se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente". Al final de cada hoja, un botón ofrece la opción de guardar los datos digitados con el objetivo de llevar un debido control de las verificaciones que se van realizando.

La hoja de control de rendimientos se enfoca en evaluar el avance de las tareas

realizadas en un determinado tiempo y con un determinado número de personas. La misma ofrece listas donde se pueden escoger factores como el clima, si hubo o no uso de grúa, dimensiones del muro a analizar, miembros presentes durante la actividad y duración de la misma. Con los datos digitados por el usuario, el sistema brinda un rendimiento global y un rendimiento expresado en categoría trabajador. De igual forma, al final de la hoja se cuenta con un botón para guardar los datos con el objetivo de llevar un debido control de los rendimientos que se van obteniendo.

Por cuestiones de tiempo, únicamente se pudo validar en campo el desencofrado de una serie de muros durante de un periodo de 1 semana, lo cual se puede apreciar en las figuras 148 y 149; el resto de hojas se pueden observar en el apéndice 9.



Versión 2.0



**Figura 147.** Interfaz inicial de la hoja programa en Microsoft Excel.



## Hoja de control de desencofrado

Fecha de revisión: 07/10/2016  
Día: viernes

A continuación se presentan una serie de preguntas, favor desplegar la lista y marcar Sí o No en cada una de ellas según corresponda. Posteriormente el sistema le brindará una calificación de como se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente".

MURO A REVISIÓN:  
NIVEL (m)

N/6-9
47,25

- |  |    |
|--|----|
| 1) ¿El muro desencofrado se encuentra sin hormigueros?   | No |
| 2) ¿La altura de colado del muro fue correcta?   | Sí |
| 3) ¿El muro desencofrado se encuentra sin fisuras en las esquinas debido a acumulación de finos? | No |
| 4) ¿El muro fue aplomado correctamente?  | Sí |
| 5) ¿El muro fue alineado correctamente? (tolerancia $\pm 5$ mm)                                  | Sí |
| 6) ¿El muro se encuentra sin panzas por mala colocación de formaleta?                            | Sí |
| 7) ¿El muro se encuentra sin presencia de dientes por mala colocación de formaleta?              | Sí |
| 8) ¿La formaleta cumplió con los requerimientos para no abrirse?                                 | Sí |

Total: 

6
---

Calificación de actividad: 

75,00
-------

Ejecución: 

Óptima
--------

Profesional a cargo de la revisión: Virginia Quirós Robles

Observaciones:

Alineamiento: estaba en 59,7 cm y tenía que ser 60,0 (cumple tolerancia)
--

Figura 148. Captura de pantalla de hoja en Excel para control de muros desencofrados.



Inicio

## Control de revisiones por día

Guardar datos

Fecha	Muro a revisión	Nivel (m)	Calificación	Ejecución	Observaciones
03/10/2016	7/C-F	34,85	75,00	Óptima	Altura de colado incorrecta, con fisuras en esquinas
03/10/2016	C/2'	34,85	75,00	Óptima	Con hormigueros y acumulación de finos
03/10/2016	F/2	34,85	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
04/10/2016	7/F-H	34,85	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
05/10/2016	6/S	47,25	75,00	Óptima	Con fisuras en esquinas y dientes
05/10/2016	6"-10/S	47,25	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
05/10/2016	Q/6-9	47,25	87,50	Óptima	Altura de colado incorrecta.
07/10/2016	22/G-F	37,80	87,50	Óptima	Alineamiento: estaba en 32,8 cm y tenía que ser 32,5 (cumple tolerancia)
07/10/2016	22/E-C	37,80	87,50	Óptima	Con hormigueros.
07/10/2016	N/6-9	47,25	75,00	Óptima	Alineamiento: estaba en 59,7 cm y tenía que ser 60,0 (cumple tolerancia)

Figura 149. Captura de pantalla de hoja en Excel para control de muros desencofrados.

# Análisis de Resultados

## Encuesta

Se determinaron diversos factores al realizar la encuesta a los trabajadores y maestros de obras, que estaban afectando a que la productividad y rendimientos dentro del proyecto no fueran los óptimos. Con respecto al diseño de sitio, como se puede observar en la figura 21, un 52% de las personas entrevistadas opinan que las áreas de uso común no se encuentran cerca del puesto de trabajado. Por ejemplo, los baños se encuentran ubicados en el primero piso del proyecto por lo que un trabajador debe de recorrer grandes distancias perdiendo aproximadamente 5-10 minutos bajando y de 5-10 minutos subiendo.

La pregunta 2 de la encuesta indica que el 76% de la población de entrevistados cree que en el proyecto debería de haber un comedor. Esto es realmente preocupante debido a que a la hora de comidas el trabajador se sitúa en cualquier parte del proyecto para poder comer y como no se posee un lugar para calentar comida la mayoría prefiere comprar comida realizada en el primer piso.

Realizando un análisis rápido, durante el periodo de observaciones en campo, como dato interesante, se pudo notar que los trabajadores tendían a irse un aproximado de 5-10 minutos antes de los periodos de comida y regresar al campo de trabajo 5-10 minutos después (este tiempo va ligado también a la ausencia de un ascensor dentro del proyecto). Si pensamos en que esto sucede dos veces al día (hora de desayuno y hora del café) entre semana y 1 vez al día los sábados, las 4,33 semanas del mes y con un salario aproximado del trabajador de ₡1300 la hora, la empresa estaría perdiendo un aproximado de ₡15500/trabajador por mes.

La pregunta 3 de la encuesta indica la falta de comunicación entre administración y empleado, ya que muchos de los entrevistados mencionaron que a pesar de poseer un tubo de agua en el último piso prefieren ir a tomar agua al primer piso ya que

no les da seguridad la procedencia del agua del tubo. Esto anterior puede ser verdad o puede ser una excusa del trabajador para perder tiempo de trabajo.

De la pregunta 6 se puede concluir que los materiales y herramientas no se encuentran cerca del campo de trabajo, respaldado lo anterior por un 71% de la población entrevistada. Esto se podría deber a que muchas veces específicamente en la tarea de encofrado de muros, con regularidad la grúa se encuentra ocupada en otras tareas, por lo tanto se debe de hacer el transporte manual de los paneles así como sus complementos (mariposas, prensas, etc). Además, como no existe un ascensor de carga, muchas veces se dificulta el transporte de materiales. En la figura 22 se puede observar la opinión del entrevistado sobre cómo se pueden mejorar los atrasos producidos por transporte de materiales y herramientas, proporcionando soluciones como una mejor planificación de los tiempos de grúa.

Otro factor que produce atrasos es la escasez de herramientas y equipo, lo que produce que el trabajador tenga que parar sus labores para conseguir un equipo que quizás ya está siendo ocupado por otro trabajador. Entre los equipos más difíciles de conseguir se encuentran las herramientas eléctricas, rash y arneses. Las respuestas a la pregunta # 3 de la encuesta realizada a los maestros de obra (ver figura 32) también respalda la escasez de equipo eléctrico en obra

Por otro lado, el trabajador también menciona cuáles factores son los que están influyendo en el desempeño de su trabajo. En la figura 24 se puede observar la inexistencia de un ascensor de carga, por consiguiente subir y bajar gradas y el desorden en sitio son algunos de ellos. Los factores mencionados anteriormente indican que no se realizó un correcto diseño de sitio que previera a futuro que este tipo de situaciones afectaran el desempeño del empleado.

Como factores externos que según el trabajador proporcionan atrasos a las tareas que

realizan, se pueden visualizar en la figura 26. Durante el periodo de toma de datos en campo se pudo observar que esos mismos factores mencionados por el trabajador realmente atrasan la ejecución de los trabajadores, principalmente el uso de grúa y las constantes llegadas tardías de la chompipa.

Cabe mencionar que a pesar que los resultados de las preguntas 16 y 17 indican que son bajos los porcentajes de personas que están inconformes con su salario, los trabajadores mencionan que es un problema que sucede en casi todas las quincenas, con trabajadores diferentes. Por lo tanto esto indica que el sistema de control de horas debe ser mejorado para evitar este tipo de situaciones.

Por último, un 76% de las personas mencionaron que sí reciben capacitación previa antes de iniciar con las tareas, pero mencionaron que la capacitación que reciben es de asuntos de seguridad ocupacional. Esto es algo muy positivo, pero a la vez también se debería de proporcionar al trabajador una capacitación básica de los trabajos que va a realizar en el proyecto con el fin de reducir la curva de aprendizaje.

De la encuesta realizada a los maestros de obra y sus segundos, cabe resaltar un factor muy importante. En la figura 33 se puede apreciar que un 67% de los encuestados mencionaron que no es importante la experiencia al momento de desempeñar de manera eficiente las tareas, ya que mencionaron que a pesar de que alguien entra sin experiencia, aprendía en el campo. Esto aunado a que no se recibe capacitación previa puede provocar atrasos en las tareas por falta de conocimientos.

## Actividades del proyecto

Aproximadamente en un periodo de 3 meses se dedicó al proceso de mediciones y observaciones en campo. Como se mencionó anteriormente, la empresa se mostró con mayor interés en evaluar tareas con personal propio de la empresa y no con trabajadores subcontratados. Por dicha razón se decidió evaluar las actividades de chorrea de muros y columnas así como colocación y remoción de formaleta en los mismos elementos.

Inicialmente se tenía visualizado analizar la productividad para encofrado, desencofrado y chorrea de columnas, y por aparte la de encofrado, desencofrado y chorrea de muros. Esto no fue

posible debido a que en el proyecto la mayoría de muros se diseñaron unidos a las columnas, siendo así un mismo elemento con más refuerzo de acero en sus extremos (columnas). De igual forma en un inicio se tenía como objetivo evaluar la productividad en encofrado y desencofrado como dos procesos diferentes, pero al hacer visitas iniciales en campo se llegó a la conclusión que se utilizaban las mismas cuadrillas y que eran actividades que se realizaban la mayoría de las veces de forma simultánea, por lo tanto, se analizaron conjuntamente.

Con base en los factores determinados en las encuestas y las observaciones en campo se realizan diagramas Ishikawas que resumen las causas que ocasionan baja productividad en los procesos. La figura 34 ilustra las bajas en chorrea de muros y columnas, una de las que mayor peso tiene son los atrasos en la llegada de las chompipa. A raíz de esto se desbordan dos problemas más, como las chorreas en su mayoría están programadas para después de las 3:00 pm si hay atrasos del suministro de concreto, las cuadrillas deben de realizar el trabajado en horas extras y la probabilidad de lluvias aumenta. Cabe mencionar que otro de los principales factores en dicha actividad es el tiempo perdido por ocio y bromas entre compañeros, debido a que en ocasiones el grupo encargado de golpear con el mazo es bastante grande.

La figura 82 ilustra las causas que ocasionan baja productividad en encofrado y desencofrado de muros y columnas. El factor observado en campo que produce en mayor medida atrasos es la falta de planificación en tiempos de grúas, concordando con los resultados obtenidos en las encuestas. Dicho factor provoca que la actividad tenga que ser realizada manualmente lo que ocasiona fatiga debido al peso de los paneles.

En el periodo inicial de observaciones en campo se determinó el proceso con el cual se estaban realizando las actividades en estudio. La figura 35 representa el diagrama de flujo para la actividad de chorrea, el cual fue realizado según le método de descarga con el que va a ser realizado. La diferencia de ambos métodos radica principalmente en que el proceso de chorrea con balde posee mayor tiempo contributivo debido al transporte mediante la grúa desde el lugar de ubicación de la chompipa hasta el lugar de descarga del concreto. El vibrado del concreto y el golpe con mazo son actividades que se realizan

sin distinción del método de descarga. Cabe mencionar que dependiendo del maestro de obras, el recurso humano varía según la tarea realizada. Por ejemplo, en los cuadros 7 y 8 se puede observar que Fermín posee la mayor cantidad de golpeadores de mazo.

La figura 83 contiene el diagrama de flujo para la actividad de encofrado y desencofrado. En el mismo diagrama se representan las actividades cuando son realizadas mediante el uso de grúa o manualmente. La diferencia radica en el transporte del panel propiamente, el resto de tareas se realizan para ambos casos. Puede existir la posibilidad de que el proceso no sea dependiente inmediatamente uno del otro, ya que con anterioridad se pudieron haber quitado los paneles y que los mismos ya se encuentren listos para ser utilizados; dicho caso también es representado en el diagrama. Con respecto al recurso humano utilizado, Joel posee 1 operario menos que las cuadrillas de Douglas y Fermín. Esto se puede visualizar en los cuadros 15 y 16. Cabe mencionar que en las 3 cuadrillas el número de integrantes en las cuadrillas depende del muro (s) a realizar.

## Productividad

### Chorrea de muros y columnas

El proceso de análisis inicia definiendo cuáles tareas son productivas, contributivas o no productivas. La distribución realizada para esta actividad se puede observar en los cuadros 9 y 10.

Al realizar una búsqueda general de los factores que influyen en la productividad de la actividad de chorrea de muros y columnas en el proyecto QBO, se encontraron los siguientes. En primera instancia uno de los factores que influye en gran escala que dicha actividad sufra atrasos es los constantes retrasos por parte de la empresa suplidora del concreto. Como se mencionó anteriormente, entre semana las chorreas de muros y columnas son programadas para después de las 3:00 pm, por lo tanto, este factor conlleva a que la hora programada de chorrea sea pospuesta dando como resultado que la cuadrilla encargada de chorrea se tenga que quedar realizando horas extras por dicha actividad. Si se piensa en las horas de trabajo de la jornada normal (6:30 am-4:45 pm) más las horas extras que deban realizar, el factor fatiga se vuelve un consecuente que llega

a influir de igual manera en la productividad del proyecto.

El clima, a pesar de ser un factor que es incontrolable, el mismo puede llegar a afectar la productividad con la cual se realizan las actividades. La chorrea al ser ejecutada en las tardes se expone a que la actividad deba ser desarrollada con lluvias de gran magnitud. La medición realizada en la cuadrilla de Fermín el 30/08/16 (ver figura 73) se realizó bajo estas condiciones, llegando a obtenerse un tiempo no productivo del 50,65%. El tiempo no productivo llega a aumentarse debido a que los miembros de la cuadrilla encargados de golpear con el mazo al tratar de no mojarse dejaban de cumplir su tarea, darle golpes a las paredes de la formaleta con el mazo.

En diversas de las mediciones realizadas, se observa un constante problema con la extensión eléctrica debido a que la misma en reiteradas ocasiones se quedaba sin corriente, aumentando tiempo no productivo de los trabajadores y aumentando de igual manera la posibilidad de que el muro que se está chorreando pueda presentar hormigueros al momento de ser desencofrado.

Otro factor que se observa concurrentemente en las mediciones es que al aumentar el número de trabajadores encargados de golpear con el mazo aumenta de igual manera el trabajo no productivo en la medición. Esto es debido a que se amplifica el tiempo de ocio ya que los trabajadores sienten menos responsabilidad de realizar su tarea al pensar que su compañero la realizará. Se puede observar por ejemplo, el día 17/08/16 (ver figura 71 y 72) en la cuadrilla de Fermín que los trabajadores presentes en la actividad fueron 9, los cuales 5 se encontraban golpeando con el mazo. En dicha medición se obtuvo el mayor valor de tiempo no productivo en todas las mediciones de los 3 maestros de obra, un 56,90%. De igual manera al disminuir la cantidad de miembros de la cuadrilla a 7 personas, por ejemplo, se pudieron llegar a obtener valores como un 0,26% en la cuadrilla de Douglas, valor de tiempo productivo casi nulo (ver figura 51).

En las primeras mediciones realizadas en los tres maestros de obras, se observa que se contaba con un trabajador que se encargaba de sostener una tabla en el momento de la descarga del concreto. En una reunión realizada con los ingenieros del proyecto, se expuso la propuesta de disminuir el número de participantes en la chorrea

a 2 personas encargadas de la descarga del concreto y dos personas encargadas del vibrador. Ejemplo de esto, se puede observar que después de ese cambio, en las chorreas realizadas con baldes Fermín y Joel lograron obtener un TP del 40,00% y Douglas del 24,36% (figuras 55, 69 y 46 respectivamente) disminuyendo este último el TC a un valor del 36,15%.

El día 30/08/16 (ver figuras 73 y 74) se observa un factor que influyó de igual manera a bajar la productividad de la actividad medida en dicha fecha, esto debido a que al momento de la llegada del balde a la parte superior del muro nadie se encontraba en el muro, por lo tanto, hubo atraso de unos 3 minutos en la descarga inicial. De igual manera, uno de los miembros encargado de estar presente para manejar el balde en la descarga, se presentó aproximadamente 10 minutos después de iniciada la chorrea; quedando a cargo de 2 trabajadores la chorrea y el vibrado durante ese lapso.

Cabe mencionar que los valores de tiempo contributivo en las chorreas de los 3 maestros de obras son altos. La razón principal de esto es que el tiempo de espera es considerado tiempo contributivo ya que los trabajadores deben esperar entre balde y balde o esperar al acomodo de la telescópica (según sea el caso) para poder realizar el principal trabajo productivo, realizar la descarga del concreto. Un factor inesperado es que el tiempo contributivo haya decaído con el cambio de uso de balde en vez de telescópica; esto se puede observar en las mediciones realizadas en las cuadrillas de Joel y Fermín (las únicas que experimentaron ese cambio). La razón principal de esto es en la mayoría de las mediciones realizadas el tiempo de espera de acomodo de telescópica tendía a ser realmente algo o que en algunas mediciones no coincidía la llegada de la chompipea y telescópica, por lo tanto había desfases de tiempo que aumentaban el tiempo de espera por parte de los trabajadores.

En las figuras 77, 78 y 79 se compara los TP, TNP y TC obtenidos por cada cuadrilla. En todas ellas se puede observar que Fermín fue el que obtuvo el mayor TP (el cual se mantuvo relativamente constante), el mayor TNP (el cual fue creciendo conforme avanzaban las mediciones) y el menor valor de TC. Además si se enfoca al promedio de estos valores, cabe resaltar que la cuadrilla que resultó obtener un valor de trabajo productivo mayor fue la cuadrilla de Fermín con un valor promedio de 38,52% y la cuadrilla con

mayor porcentaje de TNP fue la cuadrilla de Joel con un valor promedio de 54,91%. Estos porcentajes radican principalmente en los tiempos ociosos de los golpeadores con mazo en la cuadrilla.

En las figuras 80 y 81 se puede visualizar globalmente el avance de la productividad según la fecha de medición. La figura 80 va más enfocada a la comparación de los valores de productividad obtenidos y los valores recomendados por la literatura. Como se puede observar el valor de TP sí se encuentra dentro del rango de valores recomendado por la literatura 1 (20-40%), pero no cumple con el valor óptimo ni recomendado de la literatura 2. Con las recomendaciones realizadas en la propuesta de mejora presente en el cuadro 65 se podrían lograr mejoras significativas y poder llegar a valores del 55% o 60% de productividad.

Al final del total de muestreos realizados por maestro de obras se ejecutó un conteo del total de tiempo utilizado en cada una de las tareas, como se puede observar en las figuras 48, 61, 62, 75 y 76. Como se puede observar las tareas donde más tiempo se utiliza es en el tiempo de espera del concreto, el golpe con mazo y tareas que conforman el tiempo no productivo (bromas, uso del sanitario, entre otras).

## Encofrado y desencofrado de muros y columnas

De igual forma, se define cuáles son las tareas productivas, contributivas y no productivas dentro de la actividad analizada. Como se observa en el cuadro 17, se decide clasificar actividades como desencofrado, transporte del panel, mediciones, limpieza, tiempo de espera y trabajos complementarios, como tareas contributivas ya que las mismas son necesarias de hacer para lograr obtener el producto final: encofrar el muro a chorrear.

El clima es un factor que influye lastimosamente en todas las actividades de una construcción. Las actividades de encofrado y desencofrado de muros empiezan desde las 6:30 am y se extienden hasta horas de la tarde, por lo tanto las cuadrillas se encuentran haciendo sus labores la mayoría de las veces con las altas temperaturas de las mañanas. El día 20/07/16 se realizó una medición en las horas de la mañana con una temperatura de 27°C, la temperatura más

alta con la cual se ejecutaron mediciones. Se puede observar en la figura 73 que ese día se llegó a un tiempo no productivo del 34,09%, uno de los tiempos no productivos más altos alcanzados por la cuadrilla de Douglas.

El clima a pesar de intervenir en el tiempo productivo de las cuadrillas, es un factor que no se puede mitigar y puede influir que otros factores como lo es el cansancio y la necesidad de tomar agua también afecten.

Al realizar las mediciones por maestro de obras, se pudieron encontrar puntos de comparación entre cuadrillas. Uno de ellos es la cantidad de miembros en las cuadrillas y como se desempeñan los trabajadores sin importar si son operarios o ayudantes. En la cuadrilla de Fermín por ejemplo, se observa que en las mediciones realizadas conforme se aumentaba el número de personas presentes en la actividad se aumentaba el tiempo no productivo, esto debido a que algunos de los operarios se encargaban de supervisar a sus ayudantes y no contribuían de manera productiva en la actividad. Muestra de esto es la medición realizada el día 03/08/15 (ver figuras 116 y 117) con la cual se obtuvo un tiempo productivo de 9,61% con una cuadrilla de 5 personas y la medición del día 16/08/16 (ver figuras 118 y 119) con la cual se obtuvo un tiempo productivo de 39,64% con una cuadrilla de 2 personas. Esto no sucede en las cuadrillas de Joel y de Douglas, que sin importar si es operario o ayudante no existe un supervisor que en realidad no está haciendo nada.

Un factor determinante en el cansancio de los trabajadores y por consiguiente en la productividad de la actividad es la distribución de la grúa en las diferentes actividades. Los paneles al ser metálicos, dificultan la actividad si debe ser realizada manualmente debido al peso que ellos representan. La grúa puede transportar una pantalla de paneles en cuestión de minutos, pero una cuadrilla debe transportar panel por panel aumentando el tiempo con el que es realizada la actividad y de igual manera aumentando la fatiga de los trabajadores. Se puede observar la medición realizada el día 14/07/16 en las figuras 84 y 85, la cual fue realizada con grúa y se alcanzó una productividad del 49,30%, la mayor productividad conseguida en todas las mediciones realizadas en el proyecto QBO. De igual manera en la cuadrilla de Fermín se alcanzó un tiempo productivo del 39,64% (figura 118) mediante el uso de grúa.

Como las cuadrillas de encofrado y desencofrado les pagan por trabajado realizado, puede suceder que si presentan más holgura en el tiempo (trabajos realizados con grúa por ejemplo) puede haber más ocio entre los trabajadores. Esto se puede observar en la medición realizada 27/07/16 en la cuadrilla de Joel (ver figuras 103 y 104), que a pesar de haber sido realizada manualmente se pudo alcanzar un TP del 43,32%, un tiempo NP del 27,27% y TC del 29,41%.

La inexperiencia puede jugar un factor fundamental en la productividad con la que son realizadas las actividades en general. En una de las mediciones realizadas, se observa que uno de los trabajadores le fue asignada la tarea de colocación de los puntales. Él se notaba nervioso y pensativo cada cuánto se colocaban los mismos y varias veces tuvo que corregir la tarea que ya había realizado. Esto se puede observar en la figura 100, con la cual se obtuvo un tiempo no productivo del 37,95% y un tiempo productivo del 25,75%, siendo el operario 2 el culpable en su mayoría de estos valores.

El tiempo contributivo puede presentar valores altos debido a diversos factores, entre ellos a la falta de materiales y equipo así como el transporte de ellos. Muchas veces debido al desorden que se genera en el sitio, el transporte de materiales especialmente paneles, se dificulta un poco, por lo tanto, el tiempo contributivo aumenta. Equipo como el T2 provoca también que el TC aumenta, debido a que se necesita para la limpieza de los paneles y muchas veces está ocupado por otras personas. Otro factor que influye que el tiempo contributivo aumente, es si los paneles que van a ser utilizados no se encuentran listos, entonces se debe de realizar el desencofrado de los mismos conforme se vaya ocupando los paneles, prensas y mariposas. Estos factores antes mencionados se pueden ver representados porcentualmente en las figuras 94, 95, 107, 108, 116 y 117 donde se obtuvo los valores más altos de TC: 48,96%, 47,23% y 65,46% respectivamente.

En las figuras 123, 124 y 125 se compara los TP, TNP y TC obtenidos por cada cuadrilla. En la 123 se puede observar que a pesar que Douglas tuvo un mayor tiempo productivo (disminuyendo ese valor a lo largo de las mediciones), el que más constante tiempo productivo obtuvo a lo largo de los muestreos fue Joel. La cuadrilla de Fermín fue la que logró obtener un mayor valor de tiempo no productivo (figura 124), pero ese valor fue

decreciendo con el pasar del tiempo y de igual forma obtuvo el mayor valor de TC (figura 124). Cabe resaltar que si se enfoca en el promedio de los valores obtenidos, la cuadrilla con los valores de tiempo productivo y no productivo mayores es la cuadrilla de Joel con un valor del 29,10% y 35,16% respectivamente.

Al comparar los valores globales de productividad obtenidos para esta actividad, se puede observar en la figura 127 que igual que en el caso anterior, se cumple con el rango de la literatura 1 pero no se cumple con los valores recomendados en la literatura 2. Solo el valor obtenido el 14/07/16 de la cuadrilla de Douglas representa el valor más cercano a dichos valores (49,30%).

Por último, de igual forma se realizó un conteo de cuáles tareas son las que más tiempo ocupan dentro de la actividad de formaleta. Como se puede observar en las figuras 96, 109 y 119 las que mayor tiempo requieren son mediciones, limpieza de paneles, tiempo de espera, otros trabajos complementarios y de igual manera tareas que conforman el tiempo no productivo.

## Rendimientos

El desarrollo de obtención de rendimientos fue un proceso simple con el cual mediante la grabación de videos de las actividades se analizaban cuatro datos base: tiempo de duración de la actividad, cantidad de trabajo realizado en dicho tiempo ( $m^2$  o  $m^3$ ), trabajadores presentes en la actividad y cuántos de ellos eran: operarios, ayudantes o peones. Se tomó la decisión que para la obtención de los rendimientos de chorrea la unidad de medida sería  $m^3$  de concreto colado en el elemento, y para los de encofrado y desencofrado la unidad de medida seleccionada sería  $m^2$  de panel instalado/desinstalado (tomando en cuenta el ancho y la altura del panel).

Para cada uno de los muestreos se utilizó un factor de incremento de tiempo obtenido mediante la ecuación 5. El tiempo diario ( $T_c$ ) consumido en otras actividades fue de 1,50 horas, como se puede observar en el cuadro 22. Cabe mencionar que se tomó una jornada diaria de 10 horas para todos los casos, no se consideraron horas extras ya que es un factor muy variable.

Además es importante aclarar que los cálculos de rendimientos se realizaron tomando en cuenta dos factores de la ejecución de la actividad:

el tiempo real presente de los trabajadores en la cuadrilla y el porcentaje completado de la actividad.

Se tomó la decisión de no realizar la eliminación de datos extremos por dos razones. La primera es que todos los datos fueron tomados en campo, por lo tanto, son datos reales, y si se eliminaran se estarían excluyendo del proceso datos que pueden influir en el rendimiento real de los procesos en campo. Segundo no existe un respaldo para saber justo cuál dato (s) se van a eliminar. Debido a lo anterior se realizó un análisis estadístico mediante gráficas para obtener cuáles son los datos atípicos obtenidos en el proceso y realizar el análisis de la causa.

Por último, cabe mencionar que los rendimientos obtenidos no son rendimientos recomendables de utilizar ya que las actividades analizadas no han sido atravesadas por un proceso de mejoramiento, por lo tanto serían valores contabilizados junto a los factores negativos hallados en el proceso.

## Chorrea de muros y columnas

Se clasificó la actividad en tres grupos según el método de chorrea utilizado: mediante telescópica, grúa con balde y placing boom. Cabe mencionar que en primera instancia se realizó análisis de los muestreos realizados según maestro de obra y después se obtuvo el rendimiento global, sin distinción de maestro de obras.

Con respecto a las chorreas con balde analizadas para cada uno de los 3 maestros de obras, se puede observar en los cuadros 24, 28 y 32 la respectiva validación estadística. Si analizamos los valores de  $HH/m^3$  obtenidos el que presenta un menor valor de CV es la cuadrilla de Fermín, indicando que existe menor variabilidad de los datos con respecto a la media, comparado a las otras dos cuadrillas. El que posee menor rendimiento ya corregido es la cuadrilla de Joel, realizando la tarea de chorrea en  $0,64 HH/m^3$  y los que la realizan en mayor cantidad de tiempo son los de la cuadrilla de Fermín, los cuales la realizan en un tiempo de  $0,97 HH/m^3$ .

Al ser analizadas todas las muestras obtenidas, sin distinción de maestro de obra, se puede observar en el cuadro 34 que se obtuvo un rendimiento de  $0,79 HH/m^3$  con un CV relativamente bajo del 28,61%. También se puede

visualizar en dicho cuadro que donde hay más variabilidad en los datos con respecto a la media es en la obtención de rendimientos h-ayudante/m<sup>2</sup>, pudiendo ser la razón más sobresaliente que en las mediciones realizadas no siempre se utilizaba la misma cantidad de ayudantes, por lo tanto eso logra a que este valor se aumente o disminuya. En la figura 129 se puede observar que el mayor valor de rendimiento obtenido fue en la fecha de medición del 08/09/16. En dicha fecha se realizó una chorrea en los muros de las escaleras, con un espacio reducido, por lo tanto, el tiempo de ejecución de la tarea aumentó.

Las chorreas con telescópica fueron evaluadas únicamente en las cuadrillas de Joel y Fermín, ya que debido a la ubicación de Torre Norte (sector Douglas) se consideraba peligroso la utilización de la misma por peligro a choque con los cables de alta tensión.

En los cuadros 26 y 30 se establecen las validaciones estadísticas para los maestros de obra antes mencionados. Joel obtuvo una menor variación de los datos pero obtuvo un mayor de rendimiento HH/m<sup>3</sup>, 8,47% y 0,81 HH/m<sup>3</sup> respectivamente. En cambio Fermín obtuvo un rendimiento de chorrea con telescópica del 0,56 HH/m<sup>3</sup> con un CV del 24,44%.

Evaluado la totalidad de muestreos realizados se obtuvo un valor de rendimiento del 0,68 HH/m<sup>3</sup> con un coeficiente de variación del 24,26%, indicando baja dispersión de los datos según la media. De igual forma que con la chorrea con balde, el valor que mayor dispersión posee es el cálculo de h-ayudante/m<sup>3</sup>.

En la figura 128 se puede observar que la medición que mayor rendimiento obtuvo fue la medición efectuada el 14/07/16. En dicha fecha se presentó un gran tiempo de espera para que se empezara con la descarga del concreto, por lo tanto, eso aumentó el tiempo de realización de la tarea.

En las figuras 130, 131 y 132, se grafica el rendimiento obtenido para cada maestro de obras y su respectiva productividad con el avance del tiempo, y de igual forma la figura 133 engloba a modo comparativo los resultados alcanzados. Para la cuadrilla de Douglas el valor de mayor productividad obtenido coincide con el valor de menor rendimiento conseguido, como se puede visualizar en la fecha del 20/07/16. En el caso de Joel ocurre un dato interesante, el valor de menor rendimiento coincide con el valor de menor productividad, indicando que los que realmente se

encontraban trabajando logran realizar el trabajo de manera rápida, pero hubo bastante tiempo perdido por algunos miembros de la cuadrilla. Por último, en la cuadrilla de Fermín de igual forma sí se coincide el valor de mayor productividad con el valor de menor rendimiento obtenido.

Debido a que la instalación del Placing Boom fue terminando el lapso de práctica profesional, únicamente pudo ser medida 1 chorrea. En la misma se obtuvo un rendimiento del 0,58 HH/m<sup>3</sup>, como se puede observar en el cuadro 64. Con este resultado, es el menor rendimiento obtenido para chorrea de muros y columnas.

Por último, mediante el uso del lenguaje R para la obtención de gráficas para análisis estadístico, se realizaron diagramas de caja como se observan en las figuras 134 y 135. La primera de ellas, muestra la distribución de los datos obtenidos para ambos métodos de chorrea. Como la caja de chorreas con balde es de mayor tamaño, eso indica que existe mayor variabilidad de los datos obtenidos con balde que con chorrea de telescópica. Por ejemplo, si se quisiera obtener cuál es el rango probable de que se encuentre una futura muestra medida, la chorrea posee un rango amplio de posibilidad de que su rendimiento se encuentre entre 0,13-0,57.

En la figura 135 se observa con mayor detalle diagramas de caja para cada una de los rendimientos en h-categoría de trabajador. Para cada uno de ellos se brinda un diagrama de caja tanto para chorrea con balde como chorrea con telescópica. A primera vista se puede observar que los datos que menor variabilidad presentan son los obtenidos para el cálculo de rendimientos de rendimiento h-operario/m<sup>3</sup>, ya que sus cajas son de menor tamaño. A su vez también se observa que el rendimiento que más aporta al rendimiento total (HH/m<sup>3</sup>) es el rendimiento h-ayudante/m<sup>3</sup> esto debido a que el 75% de los datos (tercer cuartil) pueden obtener un valor de rendimiento menor o igual a 0,55.

Los puntos que se encuentran fuera de los bigotes son los denominados datos atípicos. En esta figura se puede observar la presencia de 2 de ellos, 1 en la chorrea con balde del rendimiento h-operario/m<sup>3</sup> y otro en la chorrea con balde del rendimiento h-peón/m<sup>3</sup>. Ambos datos atípicos fueron medidos en la misma fecha y pudieron afectar diversos factores. En primera instancia lo normal en las chorreas es que se encuentren solo 2 operarios: 1 para sostener balde y otro con el vibrador, ese día se encontraba 1 operario más

sosteniendo una tabla para que no se saliera el concreto. Segundo, el muro chorreado poseía una sección con bastante acero por lo tanto la tarea se dificulta debido a que el proceso de descarga se debe de hacer más lento.

Posterior a la finalización del proyecto, a modo ilustrativo se realizó la eliminación de los datos atípicos mencionados anteriormente como se puede observar en el apéndice 11. Para el caso de chorrea con balde al eliminar el dato atípico (0,40) tanto en el rendimiento h-operario/m<sup>3</sup> así como en el rendimiento h-peón/m<sup>3</sup> se logra disminuir el coeficiente de variación en un 10,58% para el primero y un 16,74% para el segundo.

Las figuras 136, 137 y 138 ilustran diagramas de dispersión de las diferentes variables: h-ayudante/m<sup>3</sup>, h-operario/m<sup>3</sup>, h-peón/m<sup>3</sup>. Como se puede observar no existe correlación alguna entre los datos graficados. Esto se puede interpretar en la diferencia de tamaños existentes de operarios, ayudantes y peones en una misma cuadrilla.

## Encofrado y desencofrado de muros y columnas

Para el proceso de análisis se clasificaron las actividades según la forma de realización de la actividad: mediante el uso de grúa o ejecutada manualmente. Al igual que en la actividad anterior, el proceso de obtención de rendimientos se realizó para cada maestro de obras así como el rendimiento para todo el proyecto.

Al comparar los resultados obtenidos sobre los rendimientos obtenidos para encofrado manual se obtiene lo siguiente. En el cuadro 36 se presenta el resultado de rendimiento para la cuadrilla de Douglas, el cual tuvo como resultado un valor del 0,67 HH/m<sup>2</sup> con un alto valor de dispersión de datos del 95,11%. La cuadrilla de Joel obtuvo un valor de rendimiento de 0,41 HH/m<sup>2</sup> con un bajo coeficiente de variación del 14,04%, como se observa en el cuadro 40. Por último Fermín obtuvo un coeficiente de variación de los datos del 47,65% consiguiendo un rendimiento de 0,33 HH/m<sup>2</sup> (ver cuadro 44), logrando con esto ser la cuadrilla más rápida en encofrado manual. El resultado tan alto de dispersión de Douglas es debido que uno de los datos dio como resultado un valor muy diferente a los demás datos, provocando un valor de CV muy alto.

El cuadro 47 muestra el análisis general para obtener el rendimiento total para la actividad de encofrado manual en el proyecto QBO. Lo primero a destacar es que los CV desprenden resultados muy altos de dispersión de datos. La razón se puede observar con mayor claridad en la figura 139, que la medición realizada el día 14/07/16 se desvía totalmente de los demás datos. Este valor del 1,99 HH/m<sup>2</sup> fue debido a que eran muchos en la cuadrilla presentes en la actividad, además de que la ubicación de colocación del panel dificultaba la tarea ya que el mismo debía ser colocado para encofrar uno de los muros perimetrales.

Al evaluar la misma actividad pero realizada mediante la utilización de grúa se obtienen los siguientes resultados. Para la cuadrilla de Douglas, se puede visualizar en el cuadro 38 que se obtuvo un valor de 0,44 HH/m<sup>2</sup> con un CV del 68,28%, esto debido a la constante variación de cantidad de ayudantes presentes en la actividad, en la mayoría de mediciones. En el cuadro 42 se puede observar que Joel obtuvo un rendimiento mucho menor, de 0,14 HH/m<sup>2</sup> con una dispersión de los datos menor del 35,44%. Por último, Fermín obtuvo un rendimiento de 0,19 HH/m<sup>2</sup> e igualmente una baja dispersión de los datos con un CV del 34,22% con respecto a la media.

Globalmente, en el cuadro 48 se muestra que se obtuvo un rendimiento corregido de 0,24 HH/m<sup>2</sup> con un CV de 83,91%. La figura 133 muestra que son 2 datos en general los que están afectando a que se aumente la dispersión de datos, en las mediciones realizadas el 14/07/16 y la del 11/08/16. En la medición del día 14 sucede lo mismo que en caso anterior, la cuadrilla era bastante grande y el muro era un muro perimetral, dificultando la tarea. El día 11 de agosto el factor influyente fue que personal de H Solís se presentó en campo a hacer una encuesta a los trabajadores, después de haber terminado la encuesta varios de los miembros de la cuadrilla se mostraban con pereza de seguir con sus labores.

Para la obtención de rendimientos de encofrado, de igual forma se realizó en dos clases, los ejecutados manualmente y mediante grúa. En el cuadro 50 se efectúa la validación estadística del desencofrado manual del maestro de obras Douglas. El mismo obtuvo un valor de 0,11 HH/m<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de datos del 52,57%. El maestro de obras Joel (ver cuadro 54) consiguió un rendimiento del 0,18 HH/m<sup>2</sup> con un

CV del 62,32%. Por último como se visualiza en el cuadro 58, Fermín fue el que consiguió el menor rendimiento de los tres, de 0,07 HH/m<sup>2</sup> con un valor de CV similar a los anteriores, del 69,11%.

De igual forma se obtiene el resultado global para la actividad en general, el cuadro 61 contiene lo correspondiente a la validación estadística de los datos. El rendimiento corregido fue de 0,14 HH/m<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de las muestras con respecto a la media del 71,12%. Esta dispersión se puede ver mayormente en la figura 141, la cual muestra los rendimientos obtenidos según el avance del tiempo. El valor más alejado de los datos obtenido fue el 21/09/16, la razón más probable fue que el elemento desencofrado era de un tamaño muy pequeño y se encontraban presentes 3 trabajadores, 1 de ellos sin prácticamente hacer nada; lo que indica que la actividad pudo haber sido realizada por 1 operario y 1 ayudante.

De igual forma se ejecutaron mediciones para la obtención del rendimiento de desencofrado manual y mediante grúa. En esta actividad la muestra de datos obtenida fue muy reducida en comparación a las logradadas en las demás actividades. La razón principal de esto es que como el uso de la grúa es un poco reducido, la actividad se ejecutaba por partes, esto quiere decir que en diferentes momentos se quitaban las mariposas, puntales y prensas, para que el panel estuviera listo en el momento que se desocupara la grúa; dificultando la medición de proceso completo.

Como se muestra en el cuadro 51 y 52, únicamente se analiza 1 valor de rendimiento para la cuadrilla, el cuál corregido posee un valor de 0,08 HH/m<sup>2</sup>. Para el caso de Joel, sólo se pudieron medir 2 rendimientos con los cuales se obtuvo un rendimiento corregido de 0,07 HH/m<sup>2</sup> y un coeficiente de dispersión entre ellos del 20,17% (ver cuadros 55 y 56). En la cuadrilla de Fermín sí se ejecutaron más análisis, 6 en total, los cuales arrojaron un resultado de rendimiento de 0,09 HH/m<sup>2</sup> y con un CV del 65,74% (ver cuadros 50 y 60), siendo la cuadrilla más lenta de las tres.

De manera general la actividad de desencofrado con grúa tiene un rendimiento de 0,09 HH/m<sup>2</sup>, obtenido con un coeficiente de variación de sus datos con respecto a la media del 59,50%, como se observa en el cuadro 62. La figura 142 ilustra que el caso donde más varió el rendimiento fue el día 03/08/16, lo que provocó dicho resultado fue que a pesar de que se

encontraba toda la cuadrilla presente (2 operarios, 3 ayudantes) no toda se encontraba aportando a la actividad (tiempo ocioso).

Del análisis de rendimientos en encofrado y desencofrado, se puede concluir que las variaciones entre los datos aumentaron considerablemente en comparación de la actividad de chorrea. Muestra de esto son los diagramas *box plot* presentes en las figuras 143 y 144. De la figura 143 se puede observar que existen múltiples datos atípicos, los cuales coinciden con las observaciones realizadas anteriormente de los gráficos presentes en las figuras 139, 140, 141 y 142.

En la figura 144 si comparamos las cajas rojas (rendimiento HH/m<sup>2</sup>) la que menor dispersión de datos posee es el encofrado con grúa, esto debido al tamaño de su rango intercuartílico. De igual forma se puede observar que en ambas actividades se ejecuta de manera más rápida con grúa que manualmente, como era de imaginarse.

El diagrama de caja rojo (rendimiento para encofrado manual) presente en la figura 137 posee unos largos bigotes los cuales indican que los datos presentes del 0 al 1,50 del rango intercuartílico (caja) se encuentran bastantes dispersos entre sí. De igual forma cabe mencionar un ejemplo relacionando a la amplitud de la caja, si se quisiera saber cuál va a ser un posible valor si se midiera en un futuro el rendimiento h-operario/m<sup>2</sup> en la actividad de desencofrado manual, el valor estaría en el rango de 0,04-1,20 h-operario/m<sup>2</sup>.

De igual forma a modo ilustrativo se procede a la eliminación de los datos atípicos mencionados anteriormente (apéndice 11). Para el caso del rendimiento de encofrado manual se logra disminuir considerablemente el coeficiente de variación del rendimiento HH/m<sup>2</sup> en un 64,17%, h-operario/m<sup>2</sup> en un 40,47% y el de h-ayudante/m<sup>2</sup> en un 60,38%. Para el caso de encofrado con grúa, los coeficientes de variación disminuyeron sustancialmente 39,03%, 34,44% y 40,72% para los casos de rendimiento HH/m<sup>2</sup>, h-operario/m<sup>2</sup> y h-ayudante/m<sup>2</sup> respectivamente. Por último, para el rendimiento obtenido para el desencofrado con grúa, se logra reducir el coeficiente de variación de los datos un 30,59% para el rendimiento HH/m<sup>2</sup> y 47,08% para el caso de h-ayudante/m<sup>2</sup>.

En esta ocasión sí existe correlación entre los datos, esto se puede visualizar en las figuras 145 y 146. Además se observa que la correlación es lineal positiva. La correlación que puede existir

entre los datos analizados es que en la mayoría de las veces el número de operarios y ayudantes participantes en la actividad era muy similar. Otro dato a detallar es que la figura 145 muestra que para las 4 actividades la mayoría de las muestras se concentran en un mismo sector pero contienen valores que provocan que la línea de tendencia crezca.

## Propuesta de mejora

La propuesta de mejora presente en el cuadro 65 se realizó con base en todos los factores negativos determinados a lo largo de todo el proceso. Sin embargo, la misma no pudo ser validada por cuestiones de tiempo, sin embargo, se ofrece a la empresa dichas modificaciones para que sean aplicadas en un futuro y se pueda mejorar tanto la productividad como los rendimientos.

Cabe mencionar que en una de las reuniones realizada con los encargados del proyecto se propuso la utilización de dos baldes en la actividad de chorrea, la cual fue rechazada sin ni siquiera realizar pruebas. En esa misma reunión de igual forma se propuso quitar un miembro de la cuadrilla de chorrea encargado de sostener una tabla para evitar derrames de concreto, dicha propuesta sí fue aplicada disminuyendo el tiempo contributivo en algunas de las mediciones.

## Hojas de control

Al final del proceso se realizaron hojas de control de calidad de las actividades de: chorrea, y desencofrado, y adicionalmente se proporcionó a la empresa una hoja de control de rendimientos para que se pueda llevar un registro del producto realizado encofrado en un determinado tiempo por una determinada cuadrilla.

La hoja de control de calidad para encofrado toma en cuenta factores como la aplicación de desmoldante, cumplimiento de distancias a línea de centro, verificación de verticalidad de plomos, correcto uso del equipo (rod ties, prensas, mariposas), entre otros. La hoja de control para desencofrado considera factores para verificar la calidad de los muros chorreados, tales como posibles hormigueros, fisuras en las

esquinas por acumulación de finos, panzas por mala colocación de formaleta, dientes, etc. Por otra parte, la hoja de control de calidad para chorrea es un *check list* para realizar antes de chorreas, verificando factores como el ajustamiento del equipo (ties, prensas, mariposas y alineadores), recubrimientos adecuados, altura de colado marcada, verticalidad del plomo, etc.

Adicionalmente se brindó a la empresa una hoja de control de rendimientos que funciona conjuntamente para chorrea así como para encofrado y desencofrado. El usuario únicamente debe de digitar las dimensiones del elemento a analizar, miembros de la cuadrilla presentes (distinguiendo según el puesto que desempeñan) y duración de la actividad, brindando con esto el sistema el rendimiento global de la actividad así como el rendimiento expresado en categoría trabajador. Con el registro de datos obtenido, el sistema le muestra al usuario un gráfico del comportamiento del rendimiento obtenido según el avance del tiempo.

En una de las reuniones con los encargados del proyecto se pudieron validar las hojas al ellos darle el visto bueno al contenido de cada una de ellas. Adicional a esto, por un periodo de una semana se validaron en campo varios muros que habían sido chorreados para verificar cómo se encontraban después de haber sido desencofrados.

Fue un total de 10 muros los verificados utilizando la Hoja de Control de Desencofrado. Las hojas de control poseen un sistema de calificación donde según la cantidad de respuestas afirmativas del *check list* presente, se clasifica la actividad como "Óptima", "Regular" o "Deficiente". En el análisis realizado todos los muros fueron ejecutados de manera Óptima, pero esto no indica que no se les encontraron fallas.

Las fallas encontradas en su mayoría fueron por hormigueros, fisuras en las esquinas a causa de acumulación de finos y alguno que otro problema por milímetros de diferencia según la alineación del muro (se pasaron por alto porque se encontraban dentro del rango de  $\pm 5$  mm). Esto problemas de hormigueros y fisuras radican en que no se está vibrando y golpeando con el mazo lo suficiente. Esto es un indicativo para la empresa de que se debe de prestar más atención a la ejecución de estas tareas.

# Conclusiones

→ Mediante la utilización de diagramas de Ishikawa se destacaron los factores encontrados que afectaban la productividad del proyecto de manera negativa, entre los cuales resaltaron:

- Lluvias excesivas
- Control inadecuado de la grúa
- Falta de equipo y herramientas
- Atrasos en la llegada del concreto
- Desorden en el área de trabajo unido a un espacio reducido
- Falta de un ascensor de carga
- Exceso de ocio en las cuadrillas de trabajo

→ El análisis de productividad realizado en las actividades estudiadas ejecutado por las cuadrillas encabezadas cada uno por un maestro de obra diferente mostró que las más productivas fueron:

- Para chorreas, cuadrilla de Fermín con 38,52% reflejo de la disminución de tiempos ociosos de los golpeadores de mazo al ser menos integrantes.
- Para encofrado y desencofrado, cuadrilla de Joel con 29,10% producto principalmente de trabajos equitativos operario-ayudante y por consiguiente menor cantidad de tiempo libre en los operarios.

→ En cuanto al análisis general de los procesos para todo el proyecto se encontraron los siguientes resultados promedio, estos sin realizar distinción entre maestros de obra. Para chorrea de muros y columnas:

- 31,74% para trabajo productivo
- 4,58% para trabajo contributivo
- 26,46 para trabajo no productivo

Para la colocación y retiro de formaleta:

- 27,02% para trabajo productivo
- 40,27% para trabajo contributivo
- 32,71% para trabajo no productivo

Ambas actividades analizadas se encuentran dentro del rango de productividad recomendado por la literatura 1 referenciada en el marco teórico, pero se encuentran por debajo de los valores recomendados por la literatura 2.

→ Se concluyó que las tareas que requieren más tiempo por parte de los trabajadores, en el proceso de chorrea resaltan el tiempo de espera del concreto, el golpe con mazo y tareas que conforman el tiempo no productivo (bromas, uso del sanitario, entre otras). Por otra parte en el proceso de encontrado y desencofrado las tareas que requieren más tiempo por parte de los trabajadores son, mediciones, limpieza de paneles, tiempo de espera, otros trabajos complementarios y de igual manera tareas que conforman el tiempo no productivo.

→ En el área correspondiente a rendimiento los resultados obtenidos del análisis de actividades fueron los siguientes:

- 0,68 HH/m<sup>3</sup> para chorrea mediante el uso de telescópica
- 0,79 HH/m<sup>3</sup> para chorrea mediante el uso de balde con grúa
- 0,58 HH/m<sup>3</sup> para chorrea mediante el uso de *Placing Boom*
- 0,47 HH/m<sup>3</sup> para encontrado manual
- 0,24 HH/m<sup>3</sup> para encontrado con grúa
- 0,14 HH/m<sup>3</sup> para desencofrado manual
- 0,09 HH/m<sup>3</sup> para desencofrado con grúa

Con los valores anteriores se respalda lo que se esperaba desde un principio, mejor rendimiento de encofrado y desencofrado con grúa que con el método manual; y para para chorrea mejor rendimiento con telescópica o *placing boom* esto debido a los altos tiempos de espera al realizar la chorrea con balde.

- Al validar las plantilla de control de desencofrado, se evaluó en 10 muros diferentes, siendo estos calificados como “Óptimos”, contando con algunos problemas como hormigueros o fisuras en las esquinas.
- Se plantearon a manera de recomendación diferentes aspectos con la intención que sean tomados en cuenta para futuros proyectos de la compañía entre los más importantes ya que generarían un mayor impacto se encuentran:
  - La incorporación de un comedor institucional para uso de los trabajadores así como también un ascensor para carga de materiales y personal.
  - Utilizar plantillas de control de procesos, propuestas para mejorar la calidad en los mismos.
  - Planificar de mejor manera el horario o tiempo de las grúas a disposición.
  - Realizar un diseño de sitio inicial que contemple el avance que existirá en el proyecto.
  - Capacitar el personal nuevo de la compañía con el fin de reducir la curva de aprendizaje de tareas que deberán desempeñar en el proyecto

# Apéndices

**Apéndice 1. Encuesta de productividad realizada a los trabajadores.**

**Apéndice 2. Encuesta de productividad realizada a los maestros de obra y sus segundos.**

**Apéndice 3. Machote de formulario utilizado para la técnica de medición de Work Sampling.**

**Apéndice 4. Machote de formulario utilizado para la técnica de medición de Crew Balance.**

**Apéndice 5. Ejemplo de Work Sampling de medición de productividad en chorrea de muros y columnas.**

**Apéndice 6. Ejemplo de Crew Balance de medición de productividad en chorrea de muros y columnas.**

**Apéndice 7. Ejemplo de Work Sampling de medición de productividad en encofrado/desencofrado de muros y columnas.**

**Apéndice 8. Ejemplo de Crew Balance de medición de productividad en encofrado/desencofrado de muros y columnas.**

**Apéndice 9. Parte A: Manual de Usuario.**

**Apéndice 9. Parte B: Hojas de control de calidad: Encofrado, Desencofrado, Chorrea y Rendimientos.**

**Apéndice 10. Ejemplos de los cuadros resumen de tiempos consumidos en los diferentes muestreos realizados.**

**Apéndice 11. Eliminación de datos atípicos en cálculo de rendimientos.**





19. ¿Se siente seguro en su ambiente de trabajo?

SÍ ( )

NO ( )

20. ¿Recibe incentivos por realizar de buena manera los trabajos, por hacerlos rápido y con calidad?

SÍ ( )

NO ( )

21. Si su respuesta fue sí en la pregunta anterior, ¿qué tipo de incentivos recibe?

---

---

---

22. Si su respuesta fue no en la pregunta anterior, ¿qué tipo de incentivos le gustaría recibir?

---

---

---

→**Administración**

23. ¿Recibe instrucciones claras de parte de sus superiores?

SÍ ( )

NO ( )

24. ¿Siente mucha presión por parte de sus superiores?

SÍ ( )

NO ( )

→**Experiencia**

25. ¿Recibe capacitación o algún tipo de indicación previa al iniciar alguna tarea sea nueva o no?

SÍ ( )

NO ( )

→**Seguridad y ambiente**

26. ¿Cuenta usted con condiciones seguras y equipo de seguridad adecuado que le permita realizar su trabajo sin poner en riesgo su vida?

SÍ ( )

NO ( )

27. ¿Cree usted que se desperdician materiales en la labor que realizan?

SÍ ( )

NO ( )

28. ¿Algún comentario o sugerencia extra que desea expresar?

---

---

---

## Apéndice 2.

### Encuesta sobre productividad a maestros de obras y sus segundos, en QBO Skyhomes por la empresa HSolís

#### Datos del Maestro de Obras

Nombre: \_\_\_\_\_

Tiempo de laborar para la empresa: \_\_\_\_\_

Turno de trabajo: \_\_\_\_\_

Horas de trabajo por semana: \_\_\_\_\_

1. ¿Cómo cree usted que se podrían mejorar los atrasos producidos por transporte de materiales y herramientas?

---

---

---

2. ¿Qué aspectos del diseño de sitio considera le afectan en el desempeño de su cuadrilla?

---

---

---

3. ¿Cuáles son las herramientas o equipo más difícil de conseguir?

---

---

---

4. ¿Considera que el tamaño de las cuadrillas es adecuado para las labores que se realizan?

SÍ ( )

NO ( )

5. ¿El equipo y los materiales están a tiempo en la obra para ser utilizados?

SÍ ( )

NO ( )

6. ¿Reciben capacitación o algún tipo de indicación previa al iniciar alguna tarea sea nueva o no?

SÍ ( )

NO ( )

7. ¿Considera usted que es importante la experiencia de las personas para desempeñar las tareas de una manera más eficiente?

( ) SÍ

( ) NO. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

### Apéndice 3.

#### Datos iniciales

Proyecto:	QBO Skyhomes
Maestro de obras:	
Actividad:	
Elemento:	
Nivel:	
Fecha:	
Hora:	
Clima:	
Temperatura:	
Intervalo m.:	

#### Método Work Sampling

Medición por método Work Sampling					
# Observación	Hombres Trabajando	Trabajo productivo	Trabajo no productivo	Trabajo contributivo	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
.					
385					
$\Sigma$	0	0	0	0	

Productividad Work Sampling	
Trabajo productivo	0,00%
Trabajo no productivo	0,00%
Trabajo contributivo	0,00%

#### Apéndice 4.

#### Crew Balance



Proyecto:	QBO Skyhomes
Mestro de obras:	Douglas
Actividad:	Chorrea de muro
Elemento:	Muro M/10-13
Nivel:	30,50 m
Fecha:	01/08/2016
Hora:	04:42:37 p.m.
Clima:	Nublado
Temperatura:	23° C
Intervalo m.:	20 seg

Código actividades		
Código	Actividad	Clasificación
T1		
T2		
T3		
T4		
T5		
T6		
T7		
T8		

Resumen tiempo consumido									% Tiempo nrasanta	% TP	% TNP	% TC	
TRABAJADOR 1									0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8					
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%				
TRABAJADOR 2									0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8					
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%				
TRABAJADOR N									0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8					
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%				
<b>Total (seg)</b>	<b>0,00</b>												

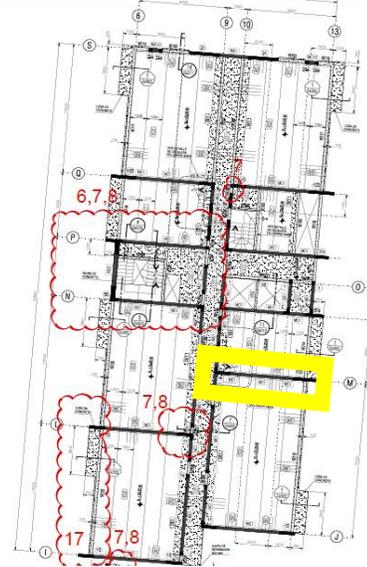
# Medición	Trabajador 1								Trabajador 2								TRABAJADOR N							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1																								
2																								
3																								



## Apéndice 5.

### Datos iniciales

Proyecto:	QBO Skyhomes
Maestro de obras:	Douglas
Actividad:	Chorrea de muro
Elemento:	Muro M/10-13
Nivel:	30,50 m
Fecha:	01/08/2016
Hora:	04:42:37 p.m.
Clima:	Nublado
Temperatura:	23° C
Intervalo m.:	20 seg



### Método Work Sampling

Medición por método Work Sampling					
# Observación	Hombres Trabajando	Trabajo productivo	Trabajo no productivo	Trabajo contributivo	Observaciones
1	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
2	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
3	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
4	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
5	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
6	5	0	0	5	Tiempo de espera por transporte del concreto.
7	5	2	0	3	2 manejan balde, 1 sostiene tabla.
8	5	2	0	3	2 manejan balde, 1 sostiene tabla.
9	5	2	0	3	2 manejan balde, 1 sostiene tabla.
10	5	0	0	5	Tiempo de espera.
11	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
12	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
13	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
14	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.

15	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
16	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
17	5	0	2	3	3 esperan, 2 no trabajan.
18	5	0	2	3	3 esperan, 2 no trabajan.
19	5	0	2	3	3 esperan, 2 no trabajan.
20	5	0	2	3	3 esperan, 2 no trabajan.
21	5	0	2	3	3 esperan, 2 no trabajan.
22	5	0	2	3	1 da direcciones.
23	5	2	2	1	1 sostiene tabla.
24	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
25	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
26	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
27	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
28	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
29	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
30	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
31	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
32	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
33	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
34	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
35	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
36	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
37	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
38	5	0	2	3	2 no trabajan.
39	5	0	2	3	2 no trabajan.
40	5	0	2	3	1 da direcciones.
41	5	2	2	1	2 no trabajan.
42	5	2	2	1	2 no trabajan.

43	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
44	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
45	5	0	2	3	2 no trabajan.
46	5	0	2	3	2 no trabajan.
47	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
48	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
49	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
50	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
51	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
52	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
53	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
54	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
55	5	0	2	3	1 da direcciones.
56	5	0	2	3	1 da direcciones.
57	5	0	2	3	1 da direcciones.
58	5	2	2	1	2 no trabajan.
59	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
60	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
61	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
62	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
63	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
64	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
65	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
66	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
67	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
68	5	0	2	3	2 no trabajan.
69	5	0	2	3	2 no trabajan.
70	5	0	2	3	2 no trabajan.



71	5	0	2	3	2 no trabajan.
72	5	1	0	4	1 da direcciones.
73	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
74	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
75	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
76	5	0	2	3	2 no trabajan.
77	5	0	2	3	2 no trabajan.
78	5	0	2	3	2 no trabajan.
79	5	0	2	3	2 no trabajan.
80	5	0	2	3	2 no trabajan.
81	5	0	2	3	2 no trabajan.
82	5	0	2	3	2 no trabajan.
83	5	0	2	3	2 no trabajan.
84	5	0	2	3	2 no trabajan.
85	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
86	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
87	5	1	0	4	1 sostiene vibrador, 3 esperan concreto.
88	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
89	5	3	0	2	1 sostiene vibrador, 1 sostiene tabla.
90	5	2	2	1	1 sostiene tabla.
$\Sigma$	450	88	64	298	

**Productividad Work Sampling**

Trabajo productivo	19,56%
Trabajo no productivo	14,22%
Trabajo contributivo	66,22%



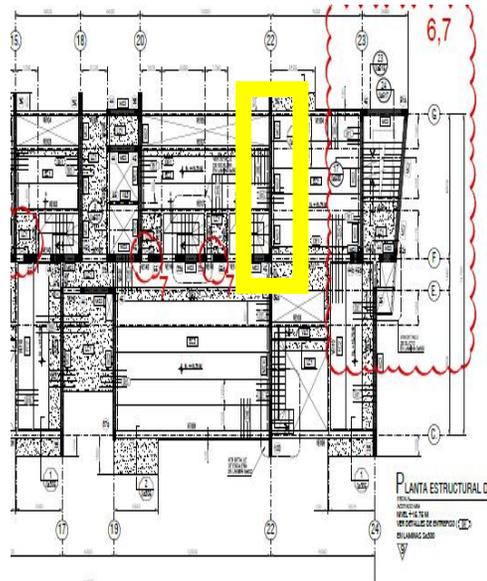




## Apéndice 7.

### Datos iniciales

Proyecto:	QBO Skyhomes
Maestro de obras:	Fermín
Actividad:	Encofrado-desencofrado
Elemento:	Muro 22/F-G
Nivel:	25,20 m
Fecha:	42598
Hora:	0,591122685
Clima:	Soleado
Temperatura:	26° C
Intervalo m.:	20 seg



### Método Work Sampling

Medición por método Work Sampling					
# Observación	Hombres Trabajando	Trabajo productivo	Trabajo no productivo	Trabajo contributivo	Observaciones
1	2	0	0	2	1 no trabaja, 1 quita panel.
2	2	0	0	2	1 no trabaja, 1 quita panel.
3	2	0	0	2	1 no trabaja, 1 quita panel.
4	2	2	0	0	1 no trabaja, 1 quita panel.
5	2	2	0	0	1 no trabaja, 1 quita panel.
6	2	2	0	0	2 no trabajan.
7	2	2	0	0	2 no trabajan.
8	2	2	0	0	2 no trabajan.
9	2	2	0	0	2 no trabajan.
10	2	1	0	1	2 no trabajan.
11	2	2	0	0	2 no trabajan.
12	2	2	0	0	2 no trabajan.
13	2	2	0	0	1 pone prensas, 1 no trabaja.
14	2	2	0	0	1 pone prensas, 1 no trabaja.



15	2	2	0	0	1 pone prensas, 1 no trabaja.
16	2	0	1	1	2 no trabajan.
17	2	1	1	0	1 quitando panel.
18	2	1	1	0	1 quitando panel.
19	2	1	1	0	1 trae escalera.
20	2	1	1	0	2 quitando panel.
21	2	1	1	0	2 quitando panel.
22	2	2	0	0	2 transportan panel
23	2	2	0	0	2 transportan panel
24	2	2	0	0	1 limpia panel.
25	2	1	0	1	1 limpia panel.
26	2	1	0	1	1 limpia panel.
27	2	2	0	0	1 limpia panel.
28	2	2	0	0	1 limpia panel.
29	2	0	0	2	2 no trabajan.
30	2	2	0	0	1 no trabaja.
31	2	2	0	0	1 no trabaja.
32	2	2	0	0	1 no trabaja.
33	2	1	1	0	1 no trabaja.
34	2	1	0	1	2 no trabajan.
35	2	1	0	1	1 limpia panel.
36	2	2	0	0	1 limpia panel.
37	2	1	1	0	1 limpia panel.
38	2	1	1	0	1 limpia panel.
39	2	0	1	1	1 limpia panel.
40	2	0	1	1	1 limpia panel.
41	2	0	1	1	1 limpia panel.
42	2	0	1	1	2 ponen panel.



43	2	0	1	1	2 ponen panel.
44	2	0	1	1	2 ponen panel.
45	2	0	1	1	2 ponen panel.
46	2	0	0	2	1 solo observa.
47	2	1	0	1	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
48	2	1	1	0	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
49	2	1	0	1	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
50	2	1	0	1	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
51	2	1	0	1	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
52	2	1	0	1	1 pone panel, 1 ayuda metiendo rod ties.
53	2	1	0	1	1 pone prensas, 1 no trabaja.
54	2	1	0	1	1 pone prensas, 1 no trabaja.
55	2	0	0	2	1 pone prensas, 1 no trabaja.
56	2	0	0	2	1 pone prensas, 1 no trabaja.
57	2	0	0	2	1 pone prensas, 1 no trabaja.
58	2	0	0	2	1 pone prensas, 1 no trabaja.
59	2	0	0	2	1 pone prensas, 1 no trabaja.
60	2	0	1	1	1 pone prensas, 1 no trabaja.
61	2	0	1	1	2 no trabajan.
62	2	0	1	1	2 transportan panel
63	2	0	1	1	2 transportan panel
64	2	0	1	1	2 transportan panel
65	2	0	0	2	1 sostiene panel, otro busca taladro.
66	2	0	0	2	1 sostiene panel, otro busca taladro.
67	2	0	0	2	1 sostiene panel, otro busca taladro.
68	2	0	0	2	1 sostiene panel, otro busca taladro.
69	2	1	0	1	1 no trabaja.
70	2	1	1	0	1 no trabaja.



71	2	1	1	0	1 limpia panel.
72	2	1	1	0	1 limpia panel.
73	2	1	0	1	1 limpia panel.
74	2	1	0	1	1 limpia panel.
75	2	1	0	1	1 limpia panel.
76	2	1	0	1	2 colocan panel.
77	2	1	0	1	2 no trabajan.
78	2	1	0	1	2 no trabajan.
79	2	1	0	1	2 transportan panel
80	2	1	0	1	1 prepara superficie para poner panel de nuevo.
81	2	1	0	1	1 prepara superficie para poner panel de nuevo.
82	2	1	0	1	1 prepara superficie para poner panel de nuevo.
83	2	1	0	1	2 transportan panel
84	2	1	0	1	2 colocan panel.
85	2	1	0	1	2 colocan panel.
86	2	1	0	1	2 colocan panel.
87	2	1	0	1	1 pone prensas.
88	2	0	0	2	1 pone prensas.
89	2	0	0	2	1 solo observa.
90	2	0	1	1	1 solo observa.
91	2	1	0	1	1 solo observa.
92	2	1	0	1	1 solo observa.
93	2	1	0	1	1 solo observa.
94	2	1	0	1	1 coloca panel, 1 coloca prensas.
95	2	1	0	1	1 coloca prensas.
96	2	1	0	1	1 trae prensas.
97	2	1	0	1	1 trae prensas.
98	2	1	0	1	1 trae prensas.



99	2	0	0	2	1 trae prensas.
100	2	0	0	2	1 coloca prensas.
101	2	0	0	2	1 coloca prensas.
102	2	0	0	2	1 trae escalera.
103	2	0	1	1	1 coloca prensas.
104	2	0	1	1	1 coloca prensas.
105	2	1	1	0	1 coloca prensas.
106	2	2	0	0	2 no trabajan.
107	2	2	0	0	1 quitando prensa, 1 mide.
108	2	2	0	0	1 trae prensas.
109	2	2	0	0	1 coloca prensas.
110	2	2	0	0	1 coloca prensas.
111	2	2	0	0	1 coloca prensas.
112	2	2	0	0	1 coloca prensas.
113	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
114	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
115	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
116	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
117	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
118	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
119	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
120	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
121	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
122	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
123	2	1	0	1	2 colocan mariposas.
124	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
125	2	2	0	0	2 colocan mariposas.
126	2	0	1	1	2 colocan mariposas.



127	2	0	1	1	2 colocan mariposas.
128	2	0	1	1	2 colocan mariposas.
129	2	0	2	0	2 colocan mariposas.
130	2	0	2	0	2 colocan mariposas.
131	2	0	2	0	2 colocan mariposas.
132	2	0	2	0	1 coloca mariposas.
133	2	0	1	1	1 coloca mariposas.
134	2	0	1	1	1 mide, 1 trae escalera.
135	2	0	1	1	1 mide, 1 trae escalera.
136	2	0	0	2	1 mide, 1 trae escalera.
137	2	0	0	2	1 mide, 1 trae mariposas.
138	2	0	0	2	1 mide, 1 trae mariposas.
139	2	0	1	1	1 mide, 1 trae mariposas.
140	2	0	1	1	1 mide, 1 trae mariposas.
141	2	0	1	1	1 mide, 1 trae mariposas.
142	2	0	0	2	1 mide, 1 trae mariposas.
143	2	0	0	2	1 mide.
144	2	0	1	1	1 mide.
145	2	0	1	1	1 mide.
146	2	0	1	1	1 mide.
147	2	0	1	1	1 mide.
148	2	0	1	1	1 mide.
149	2	0	1	1	1 mide.
150	2	0	1	1	1 mide.
151	2	0	1	1	1 mide.
152	2	0	0	2	1 mide.
153	2	0	1	1	1 mide.
154	2	1	1	0	1 mide.



155	2	1	1	0	1 mide.
156	2	1	1	0	1 mide.
157	2	1	1	0	1 mide.
158	2	1	1	0	1 mide.
159	2	0	1	1	1 mide.
160	2	2	0	0	1 pasa mariposa, 1 pone mariposa.
161	2	2	0	0	1 coloca mariposas.
162	2	1	1	0	1 coloca mariposas.
163	2	2	0	0	1 coloca mariposas.
164	2	2	0	0	1 coloca mariposas, 1 mide.
165	2	1	0	1	1 coloca mariposas, 1 mide.
166	2	1	1	0	1 mide.
167	2	1	1	0	2 no trabajan.
168	2	0	2	0	2 no trabajan.
169	2	0	0	2	2 no trabajan.
170	2	0	0	2	2 no trabajan.
171	2	0	0	2	2 no trabajan.
172	2	0	1	1	1 coloca prensas.
173	2	0	1	1	2 no trabajan.
174	2	0	2	0	2 no trabajan.
175	2	0	0	2	2 no trabajan.
176	2	1	0	1	2 no trabajan.
177	2	1	0	1	2 no trabajan.
178	2	0	0	2	1 pasa mariposa, 1 ataja mariposas.
179	2	0	0	2	1 mide, 1 coloca mariposas.
180	2	2	0	0	1 mide, 1 coloca mariposas.
181	2	0	1	1	1 coloca mariposas, 1 trae mariposas.
182	2	0	1	1	1 coloca mariposas, 1 trae mariposas.



183	2	2	0	0	1 coloca mariposas, 1 trae mariposas.
184	2	1	0	1	1 coloca mariposas, 1 trae mariposas.
185	2	1	0	1	2 no trabajan.
186	2	1	1	0	2 no trabajan.
187	2	1	1	0	2 no trabajan.
188	2	1	1	0	2 no trabajan.
189	2	0	2	0	2 no trabajan.
190	2	0	0	2	2 no trabajan.
191	2	0	0	2	2 no trabajan.
192	2	1	1	0	2 no trabajan.
193	2	1	0	1	2 no trabajan.
$\Sigma$	<b>386</b>	<b>153,00</b>	<b>78,00</b>	<b>155,00</b>	

**Productividad Work Sampling**

Trabajo productivo	<b>39,64%</b>
Trabajo no productivo	<b>20,21%</b>
Trabajo contributivo	<b>40,16%</b>

Apéndice 8.



**Crew Balance**

Proyecto:	QBO Skyhomes
Mestro de obras:	Fermín
Actividad:	Encofrado-desencofrado
Elemento:	Muro 22/F-G
Nivel:	25,20 m
Fecha:	16/08/2016
Hora:	02:11:13 p.m.
Clima:	Soleado
Temperatura:	26° C
Intervalo m.:	20 seg

Código actividades		
Código	Actividad	Clasificación
T1	Escogencia y desencofrado panel.	Trabajo contributivo.
T2	Transporte de paneles.	Trabajo contributivo.
T3	Aplicación de desmoldante.	Trabajo productivo.
T4	Colocación panel	Trabajo productivo.
T5	Colocación ties, prensas.	Trabajo productivo.
T6	Apuntalamiento, sistema de alineación.	Trabajo productivo.
T7	Mediciones, limpieza, tiempo de espera y trabajos complementarios.	Trabajo contributivo.
T8	Tiempo no productivo.	Trabajo no productivo.

Resumen tiempo consumido									% Tiempo presente	% TP	% TNP	% TC
<b>Operario 1</b>									100%	43,01%	16,58%	40,41%
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	60,00	20,00	420,00	1220,00	0,00	1500,00	640,00				
<b>% Tiempo</b>	0,00%	1,55%	0,52%	10,88%	31,61%	0,00%	38,86%	16,58%				
<b>Ayudante 1</b>									100%	36,27%	23,83%	39,90%
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	60,00	80,00	300,00	340,00	680,00	1480,00	920,00				
<b>% Tiempo</b>	0,00%	1,55%	2,07%	7,77%	8,81%	17,62%	38,34%	23,83%				
<b>Grúa</b>									73%	0,00%	0,00%	73,06%
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	1340,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1480,00	0,00				
<b>% Tiempo</b>	0,00%	34,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	38,34%	0,00%				
<b>Total (seg)</b>	<b>0,00</b>	<b>1460,00</b>	<b>100,00</b>	<b>720,00</b>	<b>1560,00</b>	<b>680,00</b>	<b>4460,00</b>	<b>1560,00</b>				

# Medición	OPERARIO 1								AYUDANTE 1								GRÚA							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1							X											X						
2							X											X						
3							X											X						
4				X								X						X						
5				X								X						X						











---

---

**Manual de  
Usuario:  
Hojas de  
Control de  
Calidad**

---

---

## Contenido

Hojas de control de calidad.....	1
Hoja de control rendimientos.....	3
Configuración.....	7

## Pantalla Principal

El objetivo de las hojas de control es brindar al equipo de trabajo de ingenieros y maestros de obra, una herramienta para realizar control de calidad en las tareas de encofrado, desencofrado y chorrea de muros y columnas al igual que proporcionar a la empresa una herramienta de control de rendimientos de las actividades anteriores.

En esta primera pantalla el usuario podrá seleccionar el control que desea realizar en el calidad o bien seleccionar la opción de rendimientos. De igual manera en la parte inferior derecha se muestra un botón para configuración de las Hojas de control de calidad.



Versión 2.0



## Hojas de control de calidad

El objetivo principal de este apartado es evaluar el control de calidad de los procesos de encofrado, desencofrado y chorrea de muros y columnas en un proyecto constructivo.

Las siguientes explicaciones de uso de este apartado, funcionan de la misma manera para las tres ventanas: Encofrado, Desencofrado y Chorrea de muros y columnas. Las mismas se componen de una serie de opciones seleccionables, entre las que se encuentra el nivel la cual ofrece diferentes valores preestablecidos (niveles del proyecto Q-BO Skyhomes).



# Hoja de control de calidad para encofrado

Fecha de revisión: 11/12/2016  
 Día: domingo

A continuación se presentan una serie de preguntas, favor desplegar la lista y marcar Sí o No en cada una de ellas según corresponda. Posteriormente el sistema le brindará una calificación de como se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente".

MURO A REVISIÓN:  
 NIVEL (m)

- 15,75
- 18,90
- 22,05
- 25,20
- 28,35
- 31,50

- 1) ¿Fueron removidos restos de concreto del panel antes de ser utilizado? No
- 2) ¿Se aplicó desmoldante a cada panel antes de ser utilizado? No

De igual manera cada pregunta cuenta con una opción de selección de "Sí" y "No" los cuales determinaran el resultado final que proporcionará el programa, mediante una evaluación de la ejecución en: "Deficiente", "Regular" y "Óptimo". Además el usuario puede digitar el nombre del profesional a cargo de la revisión y las observaciones que desee.

- 8) ¿Se verificó verticalidad mediante el uso de plomos?
- 9) Verificación contacto panel con piso para evitar lugares por donde se pueda salir el concreto.

Total:

Calificación de actividad: ■ 11,11

Ejecución: Deficiente

Profesional a cargo de la revisión: Virginia Quirós Robles

Observaciones:  

El muro encofrado no se encontraba apto para ser chorreado.

Por último, con el objetivo de llevar un registro histórico de los datos el usuario posee la opción de guardar los datos digitados mediante un botón, y así llevar un mejor control de los resultados obtenidos. El botón de inicio da la opción de regresar al menú principal.

Inicio

## Control de revisiones por día

Guardar datos

Fecha	Muro a revisión	Nivel (m)	Calificación	Ejecución	Observaciones
11/12/2016	L-M/9	15,75	11,11	Deficiente	El muro encofrado no se encontraba apto para ser chorreado.

### Hoja de control rendimientos

La Hoja de control de rendimiento proporciona al usuario una herramienta para que pueda llevar un control del rendimiento con el cual están siendo realizadas las actividades de encofrado, desencofrado y chorrea de muros y columnas a través del tiempo.

El programa proporciona automáticamente la fecha de medición (día que se está ingresando al sistema). Además posee una lista desplegable donde el usuario puede escoger el clima bajo el que se realizaron las mediciones así como si hubo o no uso de grúa.

## Hoja de control de rendimientos

Fecha de medición: 11/12/2016

Día: domingo

Clima: Nublado

Uso de grúa:

**1) Datos de entrada:**

Actividad: Encofrado

Inicio

1) Muro a analizar:	
Altura elemento:	2,70 m
Longitud elemento:	5,50 m
Ancho elemento:	0,20 m

Seguidamente se debe de escoger de una lista desplegable la actividad que va a ser evaluada.

Fecha de medición: 11/12/2016  
 Día: domingo  
 Clima: Nublado  
 Uso de grúa: Sí

Inicio

**1) Datos de entrada:**

Actividad: Encofrado ▼

Encofrado

Desencofrado

Chorrea muros y columnas

Analizar: 2,70 m

Longitud elemento: 5,50 m

Ancho elemento: 0,20 m

**2) Cuadrilla:**

Operarios: 1

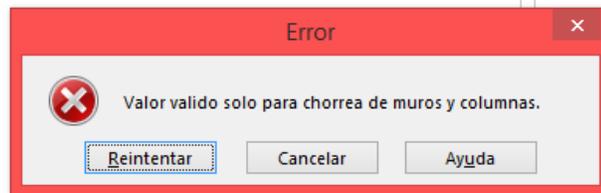
Ayudantes: 4

Peones: 2

Miembros presentes: 7

El usuario debe de digitar como datos de entrada las longitudes del muro a analizar. Si el usuario escogiese las opciones de encofrado o desencofrado y desee digitar datos para el ancho del muro, el sistema le brindará un mensaje de alerta como se puede observar a continuación:

Fecha de medición: 11/12/2016  
 Día: domingo  
 Clima: Nublado  
 Uso de grúa: Sí



**1) Datos de entrada:**

Actividad: Encofrado

**1) Muro a analizar:**

Altura elemento: 2,70 m

Longitud elemento: 5,50 m

Ancho elemento: 0,5 m

**2) Cuadrilla:**

Operarios: 1

Ayudantes: 4

Peones: 2

Miembros presentes: 7

Los últimos datos que el usuario debe de ingresar, es la cantidad de operarios, ayudantes y peones presentes en la actividad realizado (esto con el objetivo de brindar rendimientos por categoría trabajador) y las horas de inicio y finalización de la actividad.

**2) Cuadrilla:**

Operarios:

Ayudantes:

Peones:

Miembros presentes:

---

**3) Duración actividad:**

Hora inicio:

Hora fin:

Duración:  hrs

**2) Rendimiento por día**

Avance del día: 14,85 m2  
 Duración: 2,00 hrs

**Rendimiento global**

R<sub>1</sub>= 0,94 HH/m2

De igual forma este apartado brinda la opción de guardar resultados arrojados por el sistema, esto para llevar un registro de las mediciones realizadas con el pasar del tiempo.

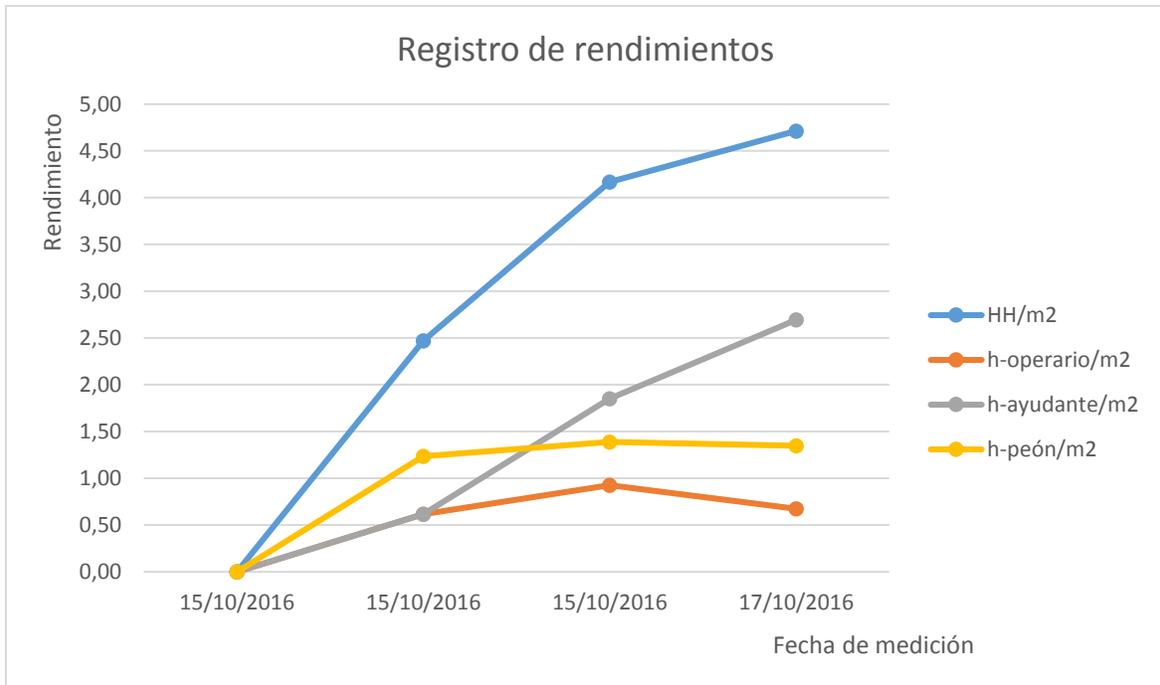


# Rendimiento por día

Guardar datos

Fecha	Día	HH/m2	h-operario/m2	h-ayudante/m2	h-peón/m2
15/10/2016	sábado	0,00	0,00	0,00	0,00
15/10/2016	sábado	2,47	0,62	0,62	1,23
15/10/2016	sábado	4,17	0,93	1,85	1,39
17/10/2016	lunes	4,71	0,67	2,69	1,35
04/11/2016	viernes	0,94	0,13	0,54	0,27

Por último, para visualizar gráficamente los datos obtenidos a través del tiempo el sistema también va actualizando un gráfico de rendimientos vs fecha de medición.





**Apéndice 9. Parte B.**

# Hoja de control de calidad para encofrado

Fecha de revisión: 11/01/2017  
Día: miércoles

A continuación se presentan una serie de preguntas, favor desplegar la lista y marcar Sí o No en cada una de ellas según corresponda. Posteriormente el sistema le brindará una calificación de como se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente".

**MURO A REVISIÓN:**  
**NIVEL (m)**

L-M/9
15,75

- 1) ¿Fueron removidos restos de concreto del panel antes de ser utilizado? No
- 2) ¿Se aplicó desmoldante a cada panel antes de ser utilizado? No
- 3) ¿Para unir dos paneles se utilizó 1 prensa a la mitad de la unión y 2 prensas a 30 cm de los extremos inferior y superior? No
- 4) ¿Cumplen paneles laterales con distancia a línea de centro? No
- 5) ¿Se proporcionó tubos para cada rod tie utilizado? No
- 6) ¿Se utilizaron 2 rod ties para la unión de 2 paneles? No
- 7) ¿Se utilizaron puntales a cada 1,5 m partiendo de 10 cm de los extremos? No
- 8) ¿Se verificó verticalidad mediante el uso de plomos? Sí
- 9) Verificación contacto panel con piso para evitar lugares por donde se pueda salir el concreto. No

Total: 

1
---

**Calificación de actividad:** ■ 11,11

**Ejecución:** Deficiente

**Profesional a cargo de la revisión:** Virginia Quirós Robles

**Observaciones:**

El muro encofrado no se encontraba apto para ser chorreado.
---



Inicio

# Control de revisiones por día

Guardar datos

Fecha	Muro a revisión	Nivel (m)	Calificación	Ejecución	Observaciones
11/12/2016	L-M/9	15,75	11,11	Deficiente	El muro encofrado no se encontraba apto para ser chorreado.

# Hoja de control de calidad para desencofrado

Fecha de revisión: 07/10/2016  
 Día: viernes

A continuación se presentan una serie de preguntas, favor desplegar la lista y marcar Sí o No en cada una de ellas según corresponda. Posteriormente el sistema le brindará una calificación de como se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente".

MURO A REVISIÓN:  
 NIVEL (m)

N/6-9
47,25

- |  |    |
|--|----|
| 1) ¿El muro desencofrado se encuentra sin hormigueros?   | No |
| 2) ¿La altura de colado del muro fue correcta?   | Sí |
| 3) ¿El muro desencofrado se encuentra sin fisuras en las esquinas debido a acumulación de finos? | No |
| 4) ¿El muro fue aplomado correctamente?  | Sí |
| 5) ¿El muro fue alineado correctamente? (tolerancia ± 5 mm)                                      | Sí |
| 6) ¿El muro se encuentra sin panzas por mala colocación de formaleta?                            | Sí |
| 7) ¿El muro se encuentra sin presencia de dientes por mala colocación de formaleta?              | Sí |
| 8) ¿La formaleta cumplió con los requerimientos para no abrirse?                                 | Sí |

Total: 

6
---

Calificación de actividad: **75,00**

Ejecución: **Óptima**

Profesional a cargo de la revisión: Virginia Quirós Robles

Observaciones:

Alineamiento: estaba en 59,7 cm y tenía que ser 60,0 (cumple tolerancia)
--

Inicio

# Control de revisiones por día

Guardar datos

Fecha	Muro a revisión	Nivel (m)	Calificación	Ejecución	Observaciones
03/10/2016	7/C-F	34,65	75,00	Óptima	Altura de colado incorrecta, con fisuras en esquinas
03/10/2016	C/2'	34,65	75,00	Óptima	Con hormigueros y acumulación de finos
03/10/2016	F/2	34,65	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
04/10/2016	7/F-H	34,65	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
05/10/2016	6/S	47,25	75,00	Óptima	Con fisuras en esquinas y dientes
05/10/2016	6"-10/S	47,25	87,50	Óptima	Con fisuras en esquinas
05/10/2016	Q/6-9	47,25	87,50	Óptima	Altura de colado incorrecta.
07/10/2016	22/G-F	37,80	87,50	Óptima	Alineamiento: estaba en 32,8 cm y tenía que ser 32,5 (cumple tolerancia)
07/10/2016	22/E-C	37,80	87,50	Óptima	Con hormigueros.
07/10/2016	N/6-9	47,25	75,00	Óptima	Alineamiento: estaba en 59,7 cm y tenía que ser 60,0 (cumple tolerancia)

# Hoja de control de calidad para chorrea

Fecha de revisión: 17/10/2016  
Día: lunes

A continuación se presentan una serie de preguntas, favor desplegar la lista y marcar Sí o No en cada una de ellas según corresponda. Posteriormente el sistema le brindará una calificación de como se realizó la actividad y si su ejecución fue: "óptima", "regular" o "deficiente".

MURO A REVISIÓN:  
NIVEL (m)


- |   |    |
|---|----|
| 1) ¿Fue verificada verticalidad del plomo?  | No |
| 2) ¿Se verificó alineamiento del encofrado?   | No |
| 3) ¿Los ties se encuentran ajustados?   | No |
| 4) ¿Todos los paneles tienen su cara interna cubierta de desmoldante?                   | No |
| 5) ¿Las grapas y alineadores se encuentran ajustados?                                   | No |
| 6) ¿Se encuentra marcada la altura de colado?   | Sí |
| 7) ¿La dimensión del elemento es la misma especificada en planos?                       | No |
| 8) ¿Se cumplen los recubrimientos?  | No |
| 9) Verificación de la correcta instalación del andamio con su respectiva línea de vida. | No |

Total: 

1
---

Calificación de actividad: ■ 11,11

Ejecución: Deficiente

Profesional a cargo de la revisión: Virginia Quirós Robles

Observaciones:

--

Inicio

# Control de revisiones por día

Guardar datos

Fecha	Muro a revisión	Nivel (m)	Calificación	Ejecución	Observaciones
-------	-----------------	-----------	--------------	-----------	---------------

# Hoja de control de rendimientos

Fecha de medición: 17/10/2016  
 Día: lunes  
 Clima: Nublado  
 Uso de grúa: Sí

**Inicio**

## 1) Datos de entrada:

**Actividad:** Chorrea muros y columnas

### 1) Muro a analizar:

Altura elemento:	<u>2,70</u>	m
Longitud elemento:	<u>5,50</u>	m
Ancho elemento:	<u>0,20</u>	m

### 2) Cuadrilla:

Operarios:	<u>1</u>	
Ayudantes:	<u>4</u>	
Peones:	<u>2</u>	
Miembros presentes:	<u>7</u>	

### 3) Duración actividad:

Hora inicio:	<u>03:00:00 p.m.</u>	
Hora fin:	<u>05:00:00 p.m.</u>	
Duración:	<u>02:00:00</u>	hrs

## 2) Rendimiento por día

Avance del día:		2,97 m <sup>3</sup>
Duración:		2,00 hrs

### Rendimiento global

$R_1 = 4,71 \text{ HH/m}^3$

### Rendimiento expresado en categoría trabajador

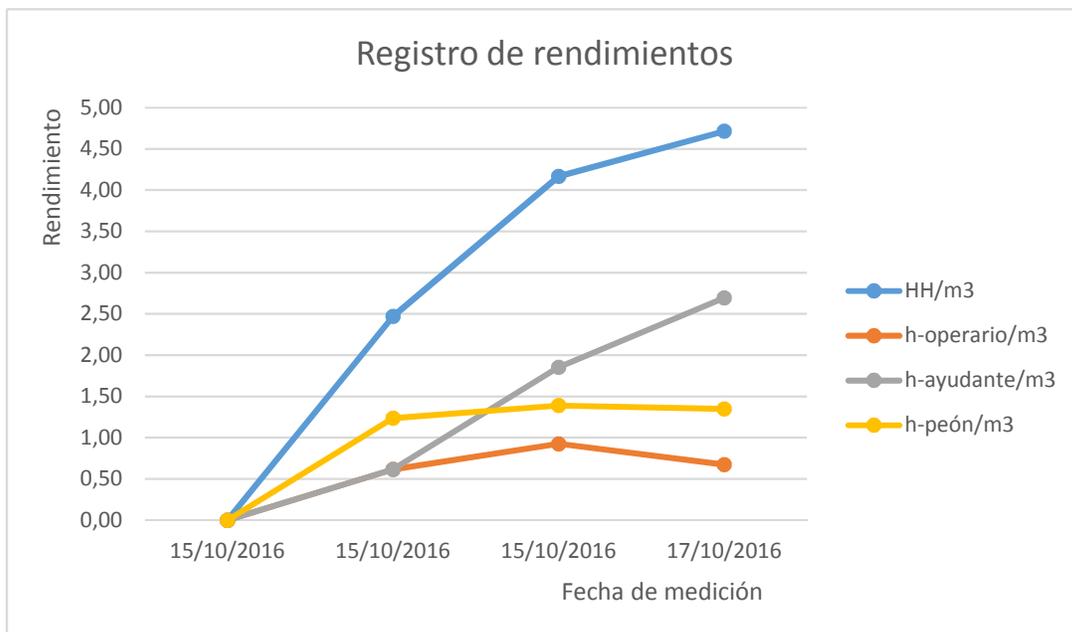
$R_2 =$	0,67 h-operario/m <sup>3</sup>
$R_3 =$	2,69 h-ayudante/m <sup>3</sup>
$R_4 =$	1,35 h-peón/m <sup>3</sup>

**Observaciones:**

# Rendimiento por día

Guardar datos

Fecha	Día	HH/m3	h-operario/m3	h-ayudante/m3	h-peón/m3
15/10/2016	sábado	0,00	0,00	0,00	0,00
15/10/2016	sábado	2,47	0,62	0,62	1,23
15/10/2016	sábado	4,17	0,93	1,85	1,39
17/10/2016	lunes	4,71	0,67	2,69	1,35
04/11/2016	viernes	0,94	0,13	0,54	0,27



## Apéndice 10.

CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 1 CHORREA, DOUGLAS									% Tiempo presente	% TP	% TNP	% TC
<b>Ayudante 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	460,00	0,00	1520,00	0,00	60,00	100,00%	0,00%	2,94%	97,06%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	22,55%	0,00%	74,51%	0,00%	2,94%				
<b>Ayudante 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	460,00	0,00	0,00	0,00	1340,00	240,00	0,00	100,00%	22,55%	0,00%	77,45%
% Tiempo	0,00%	22,55%	0,00%	0,00%	0,00%	65,69%	11,76%	0,00%				
<b>Ayudante 3</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	520,00	0,00	0,00	0,00	1520,00	0,00	0,00	100,00%	25,49%	0,00%	74,51%
% Tiempo	0,00%	25,49%	0,00%	0,00%	0,00%	74,51%	0,00%	0,00%				
<b>Operario 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	1160,00	0,00	0,00	0,00	0,00	880,00	100,00%	56,86%	43,14%	0,00%
% Tiempo	0,00%	0,00%	56,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	43,14%				
<b>Ayudante 4</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	1160,00	0,00	0,00	0,00	880,00	100,00%	0,00%	43,14%	56,86%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	56,86%	0,00%	0,00%	0,00%	43,14%				
<b>Ayudante 5</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	700,00	0,00	0,00	1340,00	100,00%	34,31%	65,69%	0,00%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	34,31%	0,00%	0,00%	65,69%				
<b>Grúa</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	1560,00	0,00	0,00	0,00	0,00	480,00	0,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
% Tiempo	76,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	23,53%	0,00%	0,00%				
<b>TOTAL (seg)</b>	1560,00	980,00	1160,00	1620,00	700,00	4860,00	240,00	3160,00				

**CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 1  
ENCOFRADO/DESENCOFRADO, DOUGLAS**

									% Tiempo presente	% TP	% TNP	% TC
<b>Ayudante 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	60,00	540,00	900,00	330,00	870,00	100,00%	55,56%	32,22%	12,22%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	2,22%	20,00%	33,33%	12,22%	32,22%				
<b>Ayudante 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	60,00	0,00	90,00	570,00	570,00	420,00	990,00	100,00%	45,56%	36,67%	17,78%
% Tiempo	0,00%	2,22%	0,00%	3,33%	21,11%	21,11%	15,56%	36,67%				
<b>Operario 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	60,00	0,00	60,00	240,00	690,00	690,00	960,00	100,00%	36,67%	35,56%	27,78%
% Tiempo	0,00%	2,22%	0,00%	2,22%	8,89%	25,56%	25,56%	35,56%				
<b>Ayudante 3</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	210,00	0,00	210,00	240,00	450,00	750,00	68,89%	24,44%	27,78%	16,67%
% Tiempo	0,00%	0,00%	7,78%	0,00%	7,78%	8,89%	16,67%	27,78%				
<b>Operario 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	120,00	240,00	690,00	90,00	300,00	53,33%	38,89%	11,11%	3,33%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	4,44%	8,89%	25,56%	3,33%	11,11%				
<b>Operario 3</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	60,00	750,00	60,00	90,00	420,00	51,11%	32,22%	15,56%	3,33%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	2,22%	27,78%	2,22%	3,33%	15,56%				
<b>Grúa</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	240,00	0,00	150,00	0,00	0,00	210,00	0,00	22,22%	5,56%	0,00%	16,67%
% Tiempo	0,00%	8,89%	0,00%	5,56%	0,00%	0,00%	7,78%	0,00%				
<b>TOTAL (seg)</b>	0,00	360,00	210,00	540,00	2550,00	3150,00	2280,00	4290,00				

**CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 3  
CHORREA, JOEL**

									% Tiempo presente	% TP	% TNP	% TC
<b>Operario 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	200,00	190,00	0,00	0,00	390,00	0,00	100,00%	25,64%	0,00%	74,36%
% Tiempo	0,00%	0,00%	25,64%	24,36%	0,00%	0,00%	50,00%	0,00%				
<b>Ayudante 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	0,00	590,00	0,00	100,00%	24,36%	0,00%	75,64%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	24,36%	0,00%	75,64%	0,00%				
<b>Operario 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	190,00	0,00	0,00	0,00	480,00	110,00	100,00%	24,36%	14,10%	61,54%
% Tiempo	0,00%	0,00%	24,36%	0,00%	0,00%	0,00%	61,54%	14,10%				
<b>Peón 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	590,00	160,00	100,00%	0,00%	20,51%	79,49%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,85%	75,64%	20,51%				
<b>Peón 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	590,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	24,36%	75,64%	0,00%				
<b>Peón 3</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	320,00	0,00	0,00	0,00	460,00	0,00	100,00%	41,03%	0,00%	58,97%
% Tiempo	0,00%	0,00%	41,03%	0,00%	0,00%	0,00%	58,97%	0,00%				
<b>Peón 4</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,00	590,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
% Tiempo	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	24,36%	75,64%	0,00%				
<b>Telescópica</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
Tiempo (seg)	180,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	600,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
% Tiempo	23,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	76,92%	0,00%				

**TOTAL**      180,00    0,00    710,00    190,00    190,00    410,00    4290,00    270,00  
**(seg)**

<b>CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 3 ENCOFRADO/DEENCOFRADO, JOEL</b>									<b>% Tiempo presente</b>	<b>% TP</b>	<b>% TNP</b>	<b>% TC</b>
<b>Operario 1</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	100,00	0,00	0,00	180,00	160,00	0,00	270,00	370,00	100,00%	31,48%	34,26%	34,26%
<b>% Tiempo</b>	9,26%	0,00%	0,00%	16,67%	14,81%	0,00%	25,00%	34,26%				
<b>Operario 2</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	130,00	0,00	0,00	270,00	0,00	0,00	290,00	390,00	100,00%	25,00%	36,11%	38,89%
<b>% Tiempo</b>	12,04%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	0,00%	26,85%	36,11%				
<b>Ayudante 1</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	40,00	0,00	0,00	240,00	60,00	0,00	210,00	530,00	100,00%	27,78%	49,07%	23,15%
<b>% Tiempo</b>	3,70%	0,00%	0,00%	22,22%	5,56%	0,00%	19,44%	49,07%				
<b>Operario 3</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	120,00	80,00	0,00	120,00	60,00	0,00	120,00	100,00	55,56%	16,67%	9,26%	29,63%
<b>% Tiempo</b>	11,11%	7,41%	0,00%	11,11%	5,56%	0,00%	11,11%	9,26%				
<b>Ayudante 2</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	120,00	0,00	40,00	120,00	60,00	0,00	120,00	140,00	55,56%	20,37%	12,96%	22,22%
<b>% Tiempo</b>	11,11%	0,00%	3,70%	11,11%	5,56%	0,00%	11,11%	12,96%				
<b>Grúa</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	780,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	27,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	72,22%	0,00%				
<b>TOTAL (seg)</b>	510,00	380,00	40,00	930,00	340,00	0,00	1790,00	1530,00				

<b>CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 6 CHORREA, FERMÍN</b>									<b>% Tiempo presente</b>	<b>% TP</b>	<b>% TNP</b>	<b>% TC</b>
<b>Ayudante 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	340,00	140,00	40,00	0,00	380,00	20,00	180,00	100,00%	43,64%	16,36%	40,00%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	30,91%	12,73%	3,64%	0,00%	34,55%	1,82%	16,36%				
<b>Operario 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	280,00	120,00	140,00	0,00	240,00	20,00	300,00	100,00%	36,36%	27,27%	36,36%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	25,45%	10,91%	12,73%	0,00%	21,82%	1,82%	27,27%				
<b>Ayudante 2</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	340,00	0,00	700,00	100,00%	5,45%	63,64%	30,91%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	5,45%	0,00%	0,00%	0,00%	30,91%	0,00%	63,64%				
<b>Ayudante 3</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	300,00	80,00	0,00	720,00	100,00%	27,27%	65,45%	7,27%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,27	0,07	0,00	0,65				
<b>Ayudante 4</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	360,00	80,00	0,00	660,00	100,00%	32,73%	60,00%	7,27%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	32,73%	7,27%	0,00%	60,00%				
<b>Peón 1</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	360,00	80,00	0,00	660,00	100,00%	32,73%	60,00%	7,27%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	32,73%	7,27%	0,00%	60,00%				
<b>Ayudante 5</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	340,00	80,00	0,00	680,00	100,00%	30,91%	61,82%	7,27%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	30,91%	7,27%	0,00%	61,82%				
<b>Grúa</b>												
-	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8				
<b>Tiempo (seg)</b>	720,00	0,00	0,00	0,00	0,00	380,00	0,00	0,00	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
<b>% Tiempo</b>	65,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	34,55%	0,00%	0,00%				

TOTAL (seg)      720,00    680,00    260,00    180,00    1360,00    1660,00    40,00    3900,00

<b>CUADRO RESUMEN TIEMPO CONSUMIDO EN MUESTREO 6 ENCOFRADO/DESENCOFRADO, FERMÍN</b>									<b>% Tiempo presente</b>	<b>% TP</b>	<b>% TNP</b>	<b>% TC</b>
<b>Operario 1</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	240,00	0,00	75,00	210,00	0,00	510,00	420,00	100,00%	19,59%	28,87%	51,55%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	16,49%	0,00%	5,15%	14,43%	0,00%	35,05%	28,87%				
<b>Ayudante 1</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	75,00	330,00	105,00	120,00	0,00	555,00	270,00	100,00%	38,14%	18,56%	43,30%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	5,15%	22,68%	7,22%	8,25%	0,00%	38,14%	18,56%				
<b>Operario 2</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	690,00	0,00	75,00	60,00	0,00	570,00	60,00	100,00%	9,28%	4,12%	86,60%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	47,42%	0,00%	5,15%	4,12%	0,00%	39,18%	4,12%				
<b>Ayudante 2</b>												
-	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>				
<b>Tiempo (seg)</b>	0,00	1035,00	0,00	0,00	180,00	0,00	135,00	105,00	100,00%	12,37%	7,22%	80,41%
<b>% Tiempo</b>	0,00%	71,13%	0,00%	0,00%	12,37%	0,00%	9,28%	7,22%				
	0,00	2040,00	330,00	255,00	570,00	0,00	1770,00	855,00				

## Apéndice 11.

Con base en los datos atípicos obtenidos mediante la realización de diagramas *box plot* de cada uno de los rendimientos, se procede a realizar a modo ilustrativo la eliminación de los mismos para visualizar si se puede disminuir el coeficiente de variación de los datos analizados. Aquellas casillas que a continuación se encuentran en amarillo son aquellos datos que según los diagramas de cajas son datos atípicos.

<b>CUADRO 1. MUESTREO PARA CHORREA CON BALDE PROYECTO QBO</b>										
Fecha	Operario	Ayudante	Peón	Und	Cant.	Tiempo (hrs)	Rendimiento HH/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>3</sup>	Rendimiento h-peón/m <sup>3</sup>
08/07/16	1	5	0	m <sup>3</sup>	5,12	0,53	0,63	0,10	0,52	
15/07/16	2	3	0	m <sup>3</sup>	6,39	0,82	0,64	0,26	0,38	
20/07/16	1	4	0	m <sup>3</sup>	3,31	0,33	0,50	0,10	0,40	
20/07/16	1	4	0	m <sup>3</sup>	6,97	0,73	0,53	0,11	0,42	
01/08/16	2	3	0	m <sup>3</sup>	6,97	0,83	0,60	0,24	0,36	
09/08/16	2	2	2	m <sup>3</sup>	7,13	0,78	0,66	0,22	0,22	0,22
16/08/16	0	7	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,57	0,76		0,66	0,09
17/08/16	1	7	1	m <sup>3</sup>	4,59	0,50	0,98	0,11	0,76	0,11
22/08/16	2	4	0	m <sup>3</sup>	9,00	0,81	0,54	0,18	0,36	
22/08/16	1	2	2	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,50	0,10	0,20	0,20
23/08/16	3	1	3	m <sup>3</sup>	4,61	0,62	0,94	0,40	0,13	0,40
24/08/16	1	6	0	m <sup>3</sup>	4,19	0,55	0,92	0,13	0,79	
30/08/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,81	0,61	0,73	0,10	0,52	0,10
31/08/16	2	4	0	m <sup>3</sup>	6,00	0,55	0,55	0,18	0,37	
04/09/16	3	1	2	m <sup>3</sup>	8,00	0,50	0,38	0,19	0,06	0,13
06/09/16	2	1	2	m <sup>3</sup>	2,88	0,33	0,58	0,23	0,12	0,23
08/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,88	1,03	0,15	0,74	0,15
09/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,70	0,10	0,50	0,10
09/09/16	1	5	0	m <sup>3</sup>	8,00	0,85	0,64	0,11	0,53	
13/09/16	1	6	0	m <sup>3</sup>	4,00	0,55	0,96	0,14	0,83	
13/09/16	2	1	2	m <sup>3</sup>	5,00	0,43	0,43	0,17	0,09	0,17
13/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	5,00	0,50	0,70	0,10	0,50	0,10
17/09/16	1	5	1	m <sup>3</sup>	6,00	0,75	0,88	0,13	0,63	0,13
20/09/16	2	0	2	m <sup>3</sup>	6,00	0,50	0,33	0,17		0,17

**CUADRO 2. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE ELIMINACIÓN DE DATOS,  
CHORREA CON BALDE PROYECTO QBO**

Rendimiento	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variación	f.i.	Rendimiento corregido
Rendimiento HH/m3	0,67	0,19	28,61%	17,65%	<b>0,79</b>
Rendimiento h-operario/m3	0,15	0,05	33,45%	17,65%	<b>0,18</b>
Rendimiento h-ayud/m3	0,44	0,23	51,42%	17,65%	<b>0,52</b>
Rendimiento h-peón/m3	0,15	0,05	31,66%	17,65%	<b>0,17</b>

**CUADRO 3. MUESTREO PARA ENCOFRADO MANUAL PROYECTO QBO**

Fecha Medición	Operario	Ayudante	Und	Cantidad	Tiempo (hrs)	% Tiempo presente operarios	% Tiempo presente ayudantes	% Actividad completado	Rendimiento HH/m <sup>2</sup>	Rendimiento h-operario/m <sup>2</sup>	Rendimiento h-ayud/m <sup>2</sup>
08/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	4,86	0,25	2,00	2,00	0,70	0,29	0,15	0,15
13/07/16	2	3	m <sup>2</sup>	13,50	0,83	2,00	3,00	0,80	0,39	0,15	0,23
14/07/16	3	3	m <sup>2</sup>	1,35	0,49	2,46	3,00	1,00	1,99	0,90	1,09
18/07/16	1	1	m <sup>2</sup>	0,68	0,20	1,00	1,00	1,00	0,59	0,30	0,30
27/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	10,53	1,28	2,00	1,15	1,00	0,38	0,24	0,14
28/07/16	0	4	m <sup>2</sup>	10,53	1,04	0,00	4,00	1,00	0,40		0,40
01/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,45	1,49	2,00	1,00	1,00	0,47	0,32	0,16
02/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	4,86	0,21	2,00	2,00	0,70	0,24	0,12	0,12
03/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	0,81	0,05	2,00	1,25	0,60	0,33	0,21	0,13
08/08/16	3	4	m <sup>2</sup>	32,54	2,18	3,00	4,00	1,00	0,47	0,20	0,27
10/08/16	0	4	m <sup>2</sup>	12,69	1,15	0,00	4,00	1,00	0,36		0,36
16/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	23,22	0,93	1,00	1,00	0,80	0,10	0,05	0,05
18/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	15,66	1,17	2,00	2,00	1,00	0,30	0,15	0,15
19/08/16	2	2	m <sup>2</sup>	8,37	0,51	2,00	2,00	0,80	0,30	0,15	0,15
23/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	7,43	0,63	2,00	1,00	0,70	0,37	0,24	0,12
23/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	5,40	0,58	2,00	1,00	1,00	0,32	0,22	0,11
24/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	19,98	1,41	2,00	1,00	0,75	0,28	0,19	0,09
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	2,43	0,04	2,00	3,00	0,75	0,11	0,05	0,07
01/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	3,51	0,32	1,00	1,00	0,70	0,26	0,13	0,13
02/09/16	3	3	m <sup>2</sup>	20,12	0,87	3,00	3,00	1,00	0,26	0,13	0,13
05/09/16	2	1	m <sup>2</sup>	7,29	1,12	1,50	1,00	1,00	0,38	0,23	0,15
08/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	8,37	0,49	3,00	2,00	1,00	0,29	0,18	0,12
09/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	16,47	0,88	3,00	2,00	1,00	0,27	0,16	0,11

<b>CUADRO 4. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE ELIMINACIÓN DE DATOS, ENCOFRADO MANUAL PROYECTO QBO</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
Rendimiento HH/m <sup>2</sup>	0,32	0,08	24,78%	17,65%	0,38
Rendimiento h-operario/m <sup>2</sup>	0,18	0,07	38,18%	17,65%	0,21
Rendimiento h-ayud/m <sup>2</sup>	0,14	0,06	40,85%	17,65%	0,17

<b>CUADRO 5. MUESTREO PARA ENCOFRADO GRÚA PROYECTO QBO</b>												
<b>Fecha Medición</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo presente operarios</b>	<b>% Tiempo presente ayudantes</b>	<b>% Actividad completado</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>2</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>2</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>2</sup></b>	
14/07/16	3	3	m <sup>2</sup>	2,70	0,43	2,06	3,00	1,00	0,80	0,32	0,47	
15/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	24,84	1,22	1,12	0,65	0,94	0,09	0,06	0,03	
18/07/16	2	2	m <sup>2</sup>	18,23	0,28	2,00	2,00	0,60	0,10	0,05	0,05	
20/07/16	0	4	m <sup>2</sup>	18,50	1,03	0,00	3,55	1,00	0,20		0,20	
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,18	2,00	1,00	0,60	0,09	0,06	0,03	
01/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	14,85	0,95	1,40	0,40	0,80	0,14	0,11	0,03	
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	17,82	0,73	2,00	3,00	1,00	0,20	0,08	0,12	
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	17,82	0,48	2,00	3,00	1,00	0,13	0,05	0,08	
11/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	17,01	1,23	3,00	2,00	1,00	0,36	0,22	0,14	
16/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	33,48	0,81	1,00	1,00	0,70	0,07	0,03	0,03	
19/08/16	1	1	m <sup>2</sup>	7,29	0,35	1,00	1,00	0,60	0,16	0,08	0,08	
22/08/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,43	2,00	1,00	0,70	0,19	0,12	0,06	
29/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	41,58	1,54	3,00	3,00	1,00	0,22	0,11	0,11	
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	31,73	1,34	2,00	3,00	1,00	0,21	0,08	0,13	
08/09/16	3	2	m <sup>2</sup>	32,40	1,09	3,00	2,00	1,00	0,17	0,10	0,07	
27/09/16	2	3	m <sup>2</sup>	52,92	0,43	2,00	3,00	0,50	0,08	0,03	0,05	

<b>CUADRO 6. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE ELIMINACIÓN DE DATOS, ENCOFRADO GRÚA PROYECTO QBO</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
Rendimiento HH/m2	0,16	0,07	44,88%	17,65%	<b>0,19</b>
Rendimiento h-operario/m2	0,08	0,03	38,37%	17,65%	<b>0,09</b>
Rendimiento h-ayud/m2	0,08	0,05	58,64%	17,65%	<b>0,10</b>

<b>CUADRO 7. MUESTREO PARA DESENCOFRADO GRÚA PROYECTO QBO</b>											
<b>Fecha Medición</b>	<b>Operario</b>	<b>Ayudante</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (hrs)</b>	<b>% Tiempo presente operarios</b>	<b>% Tiempo presente ayudantes</b>	<b>% Actividad completado</b>	<b>Rendimiento HH/m<sup>2</sup></b>	<b>Rendimiento h-operario/m<sup>2</sup></b>	<b>Rendimiento h-ayud/m<sup>2</sup></b>
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	9,72	0,12	2,00	1,00	0,75	0,05	0,03	0,02
22/07/16	2	1	m <sup>2</sup>	11,07	0,20	2,00	1,00	0,75	0,07	0,05	0,02
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	19,44	0,17	2,00	3,00	0,75	0,06	0,02	0,03
03/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	5,67	0,17	2,00	3,00	0,75	<b>0,20</b>	0,08	<b>0,12</b>
29/08/16	3	3	m <sup>2</sup>	20,79	0,17	3,00	3,00	0,75	0,06	0,03	0,03
31/08/16	2	3	m <sup>2</sup>	18,90	0,17	2,00	3,00	0,75	0,06	0,02	0,04
09/09/16	1	1	m <sup>2</sup>	11,34	0,15	1,00	1,00	0,75	0,04	0,02	0,02
23/09/16	2	3	m <sup>2</sup>	34,16	0,47	2,00	3,00	1,00	0,07	0,03	0,04
27/09/16	2	1	m <sup>2</sup>	20,79	0,49	2,00	1,00	1,00	0,07	0,05	0,02

<b>CUADRO 6. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE ELIMINACIÓN DE DATOS, DESENCOFRADO GRÚA PROYECTO QBO</b>					
<b>Rendimiento</b>	<b>Media aritmética</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Coficiente de variación</b>	<b>f.i.</b>	<b>Rendimiento corregido</b>
% Actividad completado	0,06	0,01	19,91%	17,65%	<b>0,07</b>
Rendimiento HH/m2	0,04	0,02	48,57%	17,65%	<b>0,04</b>
Rendimiento h-operario/m2	0,03	0,01	29,97%	17,65%	<b>0,03</b>

# Anexos

**Anexo 1. Futuro edificio QBO Skyhomes.**

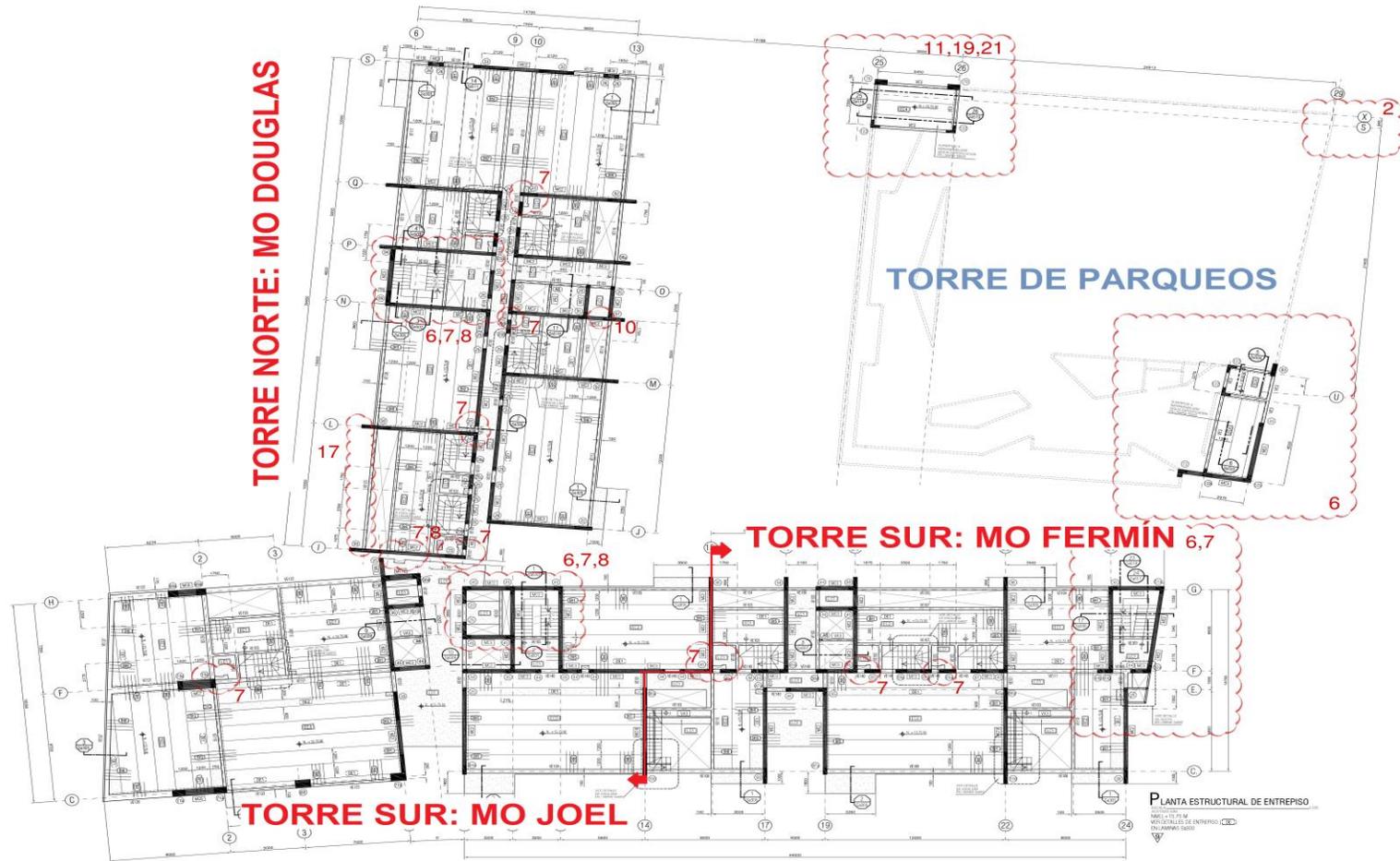
**Anexo 2. Distribución en planta de los diferentes sectores del proyecto.**

**Anexo 1.**



Fuente: Constructora H Solís.

Anexo 2.



Fuente: Constructora H Solís.

# Referencias

- Acevedo, P., & Acuña, M. (1991). Aplicación de las herramientas de Ishikawa para el análisis de la productividad en la construcción. *Revista Ingeniería de construcción*, 36-49.
- Bildtek S.A. (2014). *7 realidades de la construcción en Costa Rica que NO puede ignorar*. Obtenido de Bildtek: <http://bildtek.com/noticias/7-realidades-construccion-costa-rica/>
- Botero, L. F., & Álvarez, M. E. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 50-64.
- Camargo, H., & Flórez, R. (2013). Productividad en Empresas de Construcción: Conocimiento adquirido de las bases de datos. *Journal of Technology*, 73-77.
- Contreras, J., Molina, E., & Arteaga, P. (2010). *Introducción a la programación estadística con R para profesores*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Dozzi, S., & AbouRizk, S. (1993). *Productivity in Construction*. Obtenido de National Research Council Canada: [www.nrc-cnrc.gc.ca/irc](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/irc)
- FARESin. (s.f.). *Catálogo general de productos*. Obtenido de Faresin Building Division S.p.A.: <http://www.faresinbuilding.com/esp/cataloghi.php>
- ISOTools Excellence Chile. (5 de mayo de 2014). *Implantación de la norma ISO 9001. Sector de la construcción*. Obtenido de ISOTools Excellence Chile: <http://www.isotools.cl/iso-9001-en-el-sector-de-la-construccion/>
- Leando, A. G. (2016). Notas del curso Diseño de Procesos Constructivos. Tecnológico de Costa Rica.
- Martínez, L. F., & Alarcón, L. F. (1988). Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 53-79.
- Mendez, M. (26 de setiembre de 2016). Uso del programa R para la realización de gráficos estadísticos. (V. Quirós, Entrevistador)
- MINISTERIO DE PLANIFICACION NACIONAL Y POLITICA. (2009). *Guía para la Elaboración de*. Obtenido de MIDEPLAN: <https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Montgomery, D., & Runger, G. (2004). *Probabilidad y estadística: aplicada a la ingeniería*. México: Limusa.
- Sandoval, M., Ortíz, G., & Paniagua, E. (2009). *Costos de construcción*. Editorial Tecnología.
- SANY. (2016). *Sany: Quality changes the World*. Obtenido de Modelo HGD36: <http://www.sanyglobal.com/product/hgr36.html>
- Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. Chile: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A.

