

**Productividad y rendimiento de
mano de obra para algunos
procesos constructivos
seleccionados en la ejecución
del edificio ISLHA del ITCR**

Abstract

This project consists in performances and productivities determination in "core and shell" constructive activities, related to "Núcleo Integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental" building (ISLHA), which is under design, coordination and inspection of Engineering Office at Tecnológico de Costa Rica.

At first, activities due to analyze were identified by a cost and criticality study. Samplings were taken to obtain productivity and performance data of processes related to those activities, which let determine there is no specific relationship among productivity and performance. This is because sometimes labors are done in an efficient way, but not in an effective one, or vice versa. The main factors affecting these variables were related to site design and workmanship.

Performance data is now in a data bases (register) that let speed up the Engineering Office tasks, and with productivity ones a better control can be demanded on workers job, due to minimize costs related with this factor.

It was realized a requirements study based on specifications and construction drawings for the chosen activities, this generated a quality check list in order to speed up inspection tasks and guarantee built elements quality.

Key words: Productivity, performance, work study, work sampling, performance databases, quality check lists.

Resumen

El presente proyecto consiste en la determinación de productividades y rendimientos en actividades constructivas de obra gris asociadas al proyecto Núcleo Integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental (ISLHA), que se encuentra bajo diseño, coordinación e inspección de la Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica.

Inicialmente se identificaron las actividades por analizar, mediante un estudio de costo y criticidad. Sobre las actividades seleccionadas se realizaron muestreos de trabajo, para obtener datos de productividad y rendimiento de los procesos asociados a cada una de ellas, que permitieron determinar que no existe una relación específica entre la productividad y el rendimiento, ya que muchas veces las labores se llevan a cabo de una manera eficiente pero no eficaz, o viceversa. Los principales factores que afectan estas variables se encontraban relacionados al diseño de sitio y la mano de obra.

Los datos de rendimientos se encuentran dentro de una base de datos creada, la cual permitirá agilizar las labores de presupuestación de la Oficina de Ingeniería. Este proyecto además presentará datos de productividad con lo cual se podrá exigir un mayor control sobre la mano de obra, minimizando los costos asociados a este recurso.

Finalmente, se realizó un estudio de requerimientos establecidos en especificaciones y planos, para las actividades seleccionadas, que permitió generar listas de verificación de calidad con el fin de agilizar las labores de inspección y garantizar la calidad de los elementos construidos.

Palabras clave: Productividad, rendimientos, estudio de trabajo, muestreo de trabajo, base de datos de rendimientos, listas de verificación de calidad.

**Productividad y rendimiento de
mano de obra para algunos
procesos constructivos
seleccionados en la ejecución
del edificio ISLHA del ITCR**

Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR

ALEJANDRA AMADA PADILLA BONILLA

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

Junio del 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEÓRICO	6
METODOLOGÍA	17
RESULTADOS.....	26
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	164
CONCLUSIONES	186
RECOMENDACIONES	188
APÉNDICES	189
REFERENCIAS.....	190

Prefacio

La Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica (TEC), tiene a su cargo el diseño, coordinación e inspección de los proyectos de construcción que se llevan a cabo dentro del campus de esta institución, sin embargo no cuenta con datos actualizados de rendimientos para la elaboración de presupuestos y la programación de obra cuando se presentan órdenes de cambio, que se ajusten a la situación actual de la construcción en nuestro país, en cuanto a aspectos como calidad de la mano de obra.

Para esto se hace útil una base de datos que permita el cálculo de los costos de mano de obra, a partir de datos de rendimientos obtenidos de proyectos desarrollados actualmente dentro de esta institución, permitiendo realizar correlaciones entre proyectos con características similares a los nuevos que se deseen construir.

Para poder generar una optimización de los recursos utilizados durante la ejecución de órdenes de cambio a lo largo de las distintas actividades que componen los proyectos, es importante contar con datos de productividad asociados a la mano de obra utilizada por las empresas a las que se adjudica la construcción de dichos proyectos, tratando de identificar los factores que la afectan para exigir un control más estricto de las empresas sobre estos aspectos, minimizando así los costos asociados a este recurso. Esto por ser la mano de obra el recurso que marca el avance del proyecto y la calidad de los elementos construidos.

Al verse la calidad de los elementos afectada por acciones de la mano de obra, se hace necesaria la estandarización del proceso de inspección a través de mecanismos que faciliten esta labor y garanticen la calidad solicitada sobre cada elemento construido, identificando a su vez los factores que afectan la calidad de los procesos y los aspectos que se deben cambiar para establecer una filosofía de mejora continua.

El objetivo principal de este trabajo fue la determinación de productividades y rendimientos

en procesos de actividades constructivas asociadas al proyecto Núcleo Integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del TEC, adjudicado bajo licitación pública internacional a la empresa constructora Estructuras S.A., y que está financiado por el Banco Mundial.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios que me dio la fuerza, sabiduría y salud necesaria para llevar a cabo mis estudios, superando todo obstáculo presentado a lo largo de mis años como estudiante.

A mi familia que me brindó su apoyo incondicional, especialmente a mi madre por ser mi principal e incondicional apoyo, quien con su dedicación me enseñó a luchar por lo que más quiero y a mi pequeña hermana por ser mi principal motor de superación.

A la profesora guía, la Ingeniera Ana Grettel Leandro, que más que una guía de proyecto fue una amiga, quien me dio su apoyo y confianza en todo momento, me motivó a realizar este proyecto y me brindó consejos para mi realización profesional y personal.

A los verdaderos amigos que se presentaron a lo largo de mi carrera, que con su apoyo me motivaron a seguir adelante y con los que compartí momentos agradables durante todos estos años.

Al Tecnológico de Costa Rica por haberme acogido durante toda mi carrera, especialmente a los profesores de la carrera de Ingeniería en Construcción que dieron su máximo esfuerzo para transmitirme sus conocimientos. A la Oficina de ingeniería de esta institución por permitir realizar mi práctica en uno de sus proyectos, a los ingenieros que laboran para esta oficina y al personal de la empresa constructora Estructuras S.A., que de alguna u otra manera aportaron a la elaboración de mi proyecto.

Resumen ejecutivo

La finalidad principal del presente proyecto fue la determinación de rendimientos y productividades en procesos constructivos de actividades asociadas al proyecto Núcleo integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Tecnológico de Costa Rica, así como la elaboración de listas de verificación que permitan controlar la calidad de dichos procesos.

Para la selección de las actividades, se hizo uso de herramientas asociadas a la producción, como lo fue el diagrama de Pareto, el cual fue utilizado para establecer las actividades que representaban el 80% del costo total de la oferta. La mayoría de estos costos correspondían a actividades que no pertenecían a la obra gris y considerando que al momento de realizar la práctica el proyecto se encontraba en obra gris, se realizó una discriminación de actividades, priorizando sobre las que pertenecían a la obra gris y además era posible analizar según el avance de la obra, seguidamente por medio de una clasificación A, B, C se caracterizó cuáles de esas actividades presentaban los mayores costos representadas por A y por C las que implicaban menores costos. Con la clasificación anterior y la asignación de criticidad como 1, 2, 3, según criterio experto, fue posible desarrollar la combinación de ambas a partir de una matriz Alfa, Beta, Gamma, que estableciera cuales eran las actividades más importantes en este proyecto en cuanto a costo y criticidad.

Se realizaron distintos muestreos de trabajo sobre cada uno de los procesos asociados a las actividades seleccionadas, bajo los cuales fue posible clasificar las tareas realizadas por los trabajadores en cada proceso como productivas (TP), contributivas (TC) o improductivas (TI), que permitió la obtención de estos niveles de trabajo tanto para la cuadrilla en general como para cada uno de los trabajadores que la componían. A partir de gráficos de Crew balance fue posible apreciar el porqué de los datos obtenidos en cuanto a productividad, ya que en ellos se pueden observar los porcentajes de tiempo destinados por cada trabajador en una

tarea en específico, ya sea de carácter productivo, contributivo o improductivo.

Los muestreos, para cada proceso, fueron realizados durante distintos días, a diferentes horas del día y variando las condiciones de temperatura y estado del tiempo, para determinar así si estos factores influían sobre la productividad.

Durante los muestreos realizados sobre los distintos procesos se obtuvo también el rendimiento asociado a cada uno de ellos, a partir del tiempo medido por la cantidad de trabajadores involucrados sobre el trabajo total realizado. Los datos obtenidos se encuentran en una base de datos que permite el cálculo del costo asociado a la mano de obra, siendo una herramienta útil en las labores de presupuestación llevadas a cabo por la Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica, que le permita tener un control más estricto en la aprobación de las órdenes de cambio que se presenten durante la ejecución de los proyectos.

El principal fundamento de esta base de datos es generar a la oficina de ingeniería una herramienta que se pueda actualizar constantemente a partir de datos de rendimientos obtenidos en sus proyectos, que permita generar el presupuesto de nuevas obras, a partir de correlaciones y cálculos de costos de mano de obra, con datos generados en proyectos con características similares al que se desea construir.

La productividad de la mano de obra es considerada, según Botero y Álvarez (2004), como la más importante a tomar en cuenta, ya que es el recurso que marca el avance de un proyecto y la calidad con que se llevan a cabo los procesos. A partir de los datos de productividad generados en este proyecto, se le brinda información a la Oficina de Ingeniería sobre el manejo de la mano de obra en sus proyectos, por parte de las empresas constructoras, lo cual permite que se exija un mejor control sobre esta y que se corrijan los factores que la afectan, con el fin de lograr una minimización de los costos

asociados a la misma, controlando así la mano de obra involucrada en los procesos relacionados a las órdenes de cambio.

El tener una medida de la productividad asociada a los rendimientos obtenidos es de gran importancia para establecer relaciones entre ambos factores, al momento de realizar presupuestos, ya que la Oficina de Ingeniería sabría bajo qué nivel de productividad se obtuvo dicho rendimiento, además de generar relaciones entre dichas variables y darse una idea de que pasaría si se logran niveles más altos de productividad, quizás se tendría un menor valor de rendimiento, indicando así una menor inversión de tiempo o trabajadores en determinados procesos.

Algunos niveles de productividad determinados en este proyecto fueron muy altos comparados con los porcentajes de trabajo productivo versus no productivo que da la literatura, los cuales se encuentran entre 40-60 o 50-50 (Oglesby, 1989), con porcentajes de hasta 62,75%, sin embargo en otros se obtuvieron improproductividades de hasta el 49,84%, consideradas para este caso como trabajo improproductivo. En relación con los rendimientos, se obtuvieron valores altos, significando mayor inversión de tiempo por unidad de trabajo. Ambos parámetros se encontraron influenciados por factores como la mano de obra, el clima y el diseño de sitio que generó largas distancias de acarreo de materiales y de los trabajadores. Estos factores fueron determinados a partir de encuestas y observaciones en campo, entre los que predominaron aspectos relacionados al diseño de sitio y la mano de obra

Relacionando la variación de la productividad con el rendimiento, fue posible determinar que en la mayoría de procesos no se presentó una relación constante entre estos aspectos, ya que muchas veces las labores se llevaban a cabo de forma eficiente pero no eficaz, o viceversa.

Debido a la gran influencia que tiene la mano de obra sobre la calidad de los procesos se hace necesaria la estandarización de métodos para controlar este aspecto. Para ello se realizó un estudio de requerimientos presentados en especificaciones y planos, para las actividades seleccionadas, a partir del cual se pudieron generar listas de verificación de calidad con el fin de agilizar las labores de inspección y garantizar la calidad de los elementos construidos.

Introducción

El sector construcción es uno de los sectores que genera mayor impacto en el desarrollo y la economía de un país, pese a esto, muchas empresas constructoras no le dan importancia al nivel de productividad de sus obras ni al rendimiento con que se llevan a cabo las labores, tampoco le presta atención a estos aspectos la parte consultora que realiza la inspección, quienes piensan que esta situación no les afecta, sin embargo el éxito de un proyecto en todos los aspectos es responsabilidad de todos.

La consultoría y la inspección de una obra, como es el caso del papel que desempeña la Oficina de Ingeniería del TEC, puede generar grandes cambios si conoce realmente los rendimientos y productividades de los diferentes procesos que intervienen en la obra, pues de esta manera podrán estimar los costos preliminares asociados a las órdenes de cambio en forma más asertiva e inclusive podrían planificar el volumen de la orden basándose en esta información.

La medición de la productividad permite establecer la efectividad de los procesos y determinar los factores que generan mayores tiempos improductivos lo cual permitirá al administrador del proyecto establecer políticas de cambio y controles más estrictos sobre los recursos empleados en las actividades de construcción, tratando de minimizar los costos asociados a cada uno de ellos.

A partir de una base de datos con rendimientos actualizados de procesos obtenidos en proyectos con características similares a las de uno en proceso en planificación, se pueden establecer correlaciones y realizar estimaciones de costos asociados a los recursos utilizados.

Por su parte, un estricto control de calidad a partir de herramientas como las listas de verificación de calidad para procesos constructivos, permite garantizar el cumplimiento de las especificaciones.

El avance en las actividades de la construcción está determinado básicamente por

el recurso de mano de obra y de él depende la productividad de los demás recursos, según lo establecido por Botero y Álvarez (2004), ya que es el que marca la cantidad de trabajo que se realiza día a día, he aquí la importancia de prestar especial atención a la productividad y rendimientos de este recurso mediante medición del desempeño de la misma, que permita identificar factores que podrían estarla afectando y de esta manera implementar acciones correctivas para mejorarla.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar productividades y rendimientos de mano de obra en procesos constructivos de obra gris, en el proyecto Núcleo integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental (ISLHA) del Tecnológico de Costa Rica.

Objetivos Específicos

- Identificar las actividades constructivas a analizar en la obra en estudio y determinar los recursos necesarios para cada una de ellas.
- Determinar productividad y rendimientos en cada una de las actividades seleccionadas.
- Identificar los factores que afectan la productividad en la construcción, de las actividades seleccionadas.
- Colaborar en la elaboración de una base de datos como insumo para la Oficina de Ingeniería en la obtención de costos de mano de obra en actividades seleccionadas.

- Desarrollar listas de verificación de calidad, a partir de la identificación de los factores que afectan los procesos constructivos.

Alcances y limitaciones

- El alcance de este proyecto está orientado a determinar productividades, rendimientos, y generar listas de verificación de la calidad en procesos constructivos, aplicados para el consultor y no para el constructor, como normalmente se hace.
- Los procesos constructivos seleccionados pertenecen a actividades relacionadas con la obra gris del proyecto en ejecución, y los trabajadores analizados correspondieron a la mano de obra propia de la empresa.
- La selección de actividades por analizar se realizó con base en el costo de estas y la criticidad de su realización, de acuerdo a criterio experto y observación en campo.
- Las actividades analizadas corresponden a entepiso, construcción de paredes de bloques de arcilla, construcción de paredes de bloques de concreto y viga corona de concreto reforzado.
- Se tomó en cuenta la variación en la obtención de los datos de acuerdo a aspectos como el día, hora y temperatura, bajo los cuales fueron realizados los muestreos.
- La base de datos donde se incluyen los rendimientos generados, pretende ser una herramienta que facilite la labor de presupuestación en la Oficina de Ingeniería.
- Las listas de verificación desarrolladas, para las actividades estudiadas, pueden ser aplicadas por parte de la inspección del TEC, sobre distintos proyectos que se encuentren desarrollando.
- El proyecto presentaba un nivel muy bajo de avance en sus actividades, lo cual ocasionó que no se pudieran seleccionar más

actividades sobre las cuales realizar el análisis.

- No se fue posible obtener mayor cantidad de muestreos de trabajo a partir de vídeos u observación en campo, es decir, de forma manual, ya que la empresa constructora no permitió la realización de los mismos, alegando incomodidad por parte de los trabajadores al saber que estaban midiendo su trabajo, limitando así la validez estadística de la información obtenida.
- El análisis de los vídeos recolectados para realizar el muestreo de trabajo, fue un proceso lento, debido a que se debían reproducir los vídeos que presentaban una duración considerable, de entre 20 minutos y hasta más de 1 hora, y detenerlo para tomar mediciones cada cierta cantidad de tiempo, en cuadrillas compuestas por varios trabajadores, lo que generó, junto con el punto anterior, que no se realizaran más muestreos.
- La obtención de una muestra representativa de la población encuestada, para la determinación de factores que afectan la productividad, no fue posible, ya que cuando la empresa constructora se dio cuenta que se estaban aplicando estas encuestas, se molestó, fundamentando que las encuestas no se pueden realizar porque se interrumpen las labores de los trabajadores, generando atrasos en la obra.
- Los vídeos tomados en los procesos constructivos realizados por esta empresa, se pudieron utilizar exclusivamente para el análisis necesario en la obtención de los muestreos de trabajo, no se pueden compartir ni reproducir debido a directrices de la empresa, queriendo proteger las identidades de los trabajadores.
- La base de datos se encuentra alimentada por rendimientos obtenidos en tres distintos proyectos del TEC, por diferentes personas, sin embargo se considera que presenta poca cantidad de datos, por lo que se hace necesario que se siga alimentando y actualizando constantemente.

Marco teórico

Productividad

La construcción es una de las industrias que demanda mayor cantidad de mano de obra, por esto resulta importante conocer la productividad con la que los trabajadores están llevando a cabo sus labores.

La productividad se puede definir como la relación entre lo producido y los recursos utilizados para generar un producto en específico, se suele hablar de productividad de los materiales, de equipos, y de la mano de obra, siendo este último aspecto de los más importantes a tomar en cuenta ya que para lograr un aumento en la eficiencia del trabajo es necesario un aporte alto de todas las partes que pueden afectarla. (Serpell, 1986)

De igual manera, Botero y Álvarez (2004) refieren la productividad como una relación entre lo que se produce y lo que se gasta, en donde se involucra la eficiencia y la efectividad, ya que según estos autores, no tiene sentido generar una cierta cantidad de producto si se presentan problemas de calidad.

La construcción es una industria que se puede considerar como un sistema de producción ya que a partir de ella se da la transformación de recursos en un producto deseado como lo es una vivienda, un edificio, una carretera o alguna otra de tantas obras civiles. A partir de esto y los conceptos anteriormente citados, se puede definir la productividad en la construcción como la eficiencia con que son manejados los recursos como la mano de obra, materiales, equipos y herramientas para llevar a cabo las actividades que conlleven a la terminación de un proyecto a partir de un alto grado de calidad en los productos generados.

En la siguiente figura se puede observar la relación que existe entre la eficiencia, efectividad y productividad en la obtención de las

metas a partir de la utilización de los recursos, según Botero y Álvarez (2004).

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <i>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</i>	Alto
INEFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFECTIVO	Bajo

OBTENCIÓN DE LAS METAS

Figura 1. Relación que existe entre la eficiencia, efectividad y productividad (Botero y Álvarez, 2004).

En la figura 1 se muestra como una alta utilización de los recursos en un proceso efectivo y eficiente genera una alta obtención de las metas y aumento de la productividad.

La Oficina Internacional del Trabajo (OIT, 1996) define la productividad de una manera más sencilla como la relación entre lo producido y el insumo, lo cual, según García (2005), se puede expresar a través de la siguiente ecuación:

$$Productividad = \frac{Resultados\ logrados}{Recursos\ empleados}$$

(Ecuación 1)

La principal necesidad de estudiar la productividad es tratar de encontrar las causas que la deterioran para poder establecer criterios que permitan su incremento. Teóricamente existen tres maneras de incrementar la productividad (García, 2005):

1. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
2. Reducir el insumo y mantener el mismo producto.

3. Aumentar el producto y reducir el insumo de una manera proporcional.

Tipos de productividad

Es posible hablar de distintos tipos de productividad a partir de los recursos involucrados en los procesos constructivos, tal y como lo establecen Botero y Álvarez (2004), se tienen los siguientes tipos:

1. Productividad de los materiales: En este tipo es importante evitar los desperdicios ya que los materiales presentan un alto costo.
2. Productividad de la mano de obra: Se podría considerar como la más importante, el recurso humano es el que generalmente fija el avance del trabajo y de él depende la productividad de los demás recursos.
3. Productividad de la maquinaria: Representa un alto costo en obra, por tanto es importante racionalizar su uso y disminuir los tiempos muertos en donde la maquinaria se encuentra detenida.

Factores que afectan la productividad en la construcción

En la actualidad existe gran cantidad de factores que inciden negativa o positivamente sobre la productividad y sobre los cuales es necesario ejercer un estricto control para disminuir el efecto de los factores negativos.

Para Botero y Álvarez (2004), algunos de estos factores negativos son:

- Errores de diseño o modificación de los mismos durante la elaboración de la obra.
- Falta de supervisión en los trabajos que se estén realizando.
- Espacio reducido para la elaboración de trabajos con gran cantidad de personas.
- Rotación de personal.
- Falta de seguridad en la obra que causa constantes accidentes.
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Mal diseño de sitio.
- Falta de materiales, equipos y herramientas.
- Clima y condiciones adversas en la obra.

Serpell (1986) coincide con varios de estos factores y establece otros que a su criterio afectan la productividad en obras de construcción y entre los cuales se pueden mencionar:

- La administración de la obra.
- El entorno de trabajo.
- El tipo y método de trabajo.
- La mano de obra en general.
- El clima y las condiciones físicas del terreno.
- Diseños muy complejos e incompletos.
- Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea, reduciendo la especialización y el aprendizaje.
- Mala escala de iluminación cuando se necesita.
- Poca disponibilidad de mano de obra adecuada.
- Ineficiencia en la toma de decisiones.
- Ubicación de la obra en un lugar de difícil acceso.
- Excesivo control de calidad.
- Interrupciones no controladas.

A pesar de que existe gran cantidad de factores negativos cabe rescatar que también hay factores positivos que se pueden implementar y reforzar en las obras para generar un aumento en la productividad, Serpell (1986) establece algunos de estos:

- Aprovechamiento del aprendizaje a través de programas educacionales y de capacitación personal.
- Programas de seguridad en obra.
- Implementación en el uso de materiales y equipos innovadores.
- Prefabricación de partes de la obra en cuanto sea posible.
- Programas de motivación personal.
- Revisión de diseños para una mejor constructibilidad.
- Estandarización de diseños y materiales.
- Estimular un espíritu de competencia sano en la obra.
- Promover los incentivos.
- Utilización eficiente de los contratistas y subcontratistas.
- Disponibilidad adecuada de materiales, equipos y herramientas.
- Estudios de tiempos y movimientos para mejorar la eficiencia.
- Buena supervisión en obra.

Mejoramiento de productividad en la construcción

A partir de la identificación de los factores que inciden negativamente en la productividad, es posible establecer acciones en pro de mejorar dichas situaciones.

Botero y Álvarez (2004), establecieron un ciclo para el mejoramiento de la productividad, según se muestra a continuación en la figura 2:



Figura 2. Ciclo de mejoramiento de la productividad. (Botero y Álvarez, 2004)

Durante la medición de la productividad se realiza la toma de datos para su posterior procesamiento y análisis estadístico, para este punto se hace útil la utilización del muestreo de trabajo. En la evaluación de la productividad se hace uso de los datos obtenidos anteriormente para poder identificar los problemas que se estén generando. Finalmente se da la implementación de planes de mejoramiento en donde se formulan estrategias y acciones a seguir para aumentar la productividad y se da un seguimiento para medir la eficacia en los resultados obtenidos.

Beneficios de un aumento de la productividad

Para García (2005), la productividad está relacionada al nivel de vida de las personas, establece que al aumentar la productividad las actividades serán más económicas lo cual se traduce a beneficios que pueden repartirse entre la mano de obra y las empresas, adaptando dichos beneficios a la construcción se tiene:

- Aumento en los salarios de la mano de obra, generando así mayor motivación para

realizar su trabajo y permitiéndoles tener un nivel de vida mucho mejor y generar ahorros.

- Ganancias para las empresas y sus profesionales, aumentando así las utilidades de la empresa lo cual permitiría la adquisición de maquinaria y equipos de mayor calidad.
- Disminución en los costos de los proyectos generando así mayor atracción en el mercado.

Adicionalmente Niebel (2009), menciona que la única manera en que una empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de la productividad, donde se genere un aumento en la producción por hora de trabajo invertida, rescata además que para obtener este aumento se hace necesario realizar mediciones de trabajo.

Categorización del trabajo

Al realizar observaciones, de las labores ejercidas por la mano de obra en sitio, mediante la técnica del muestreo de trabajo, es posible categorizar ese trabajo en tres grupos (Botero y Álvarez (2003):

1. Trabajo productivo (TP): Corresponde al tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción, es por tanto el trabajo que aporta directamente a la producción. Algunos ejemplos son el armado del acero, la colocación de bloques o el colado del concreto.
2. Trabajo contributivo (TC): Corresponde al tiempo en que los trabajadores se encuentran realizando labores de apoyo, este trabajo se hace necesario para poder llevar a cabo el trabajo productivo. Entre algunos ejemplos se puede citar el transporte de materiales, las tareas de medición y el sostener.
3. Trabajo improductivo (TI): Aquí se encuentra cualquier tarea realizada por la mano de obra que no se clasifique en los dos anteriores trabajos, son consideradas como perdida y entre ellas se pueden destacar los tiempos de ocio, esperas y transportes sin acarreo de materiales.

Medición de la productividad

Para realizar el muestreo del trabajo se hace necesario establecer inicialmente el tamaño de la muestra necesaria. Los autores Oglesby, Parker & Howell (1988), tienen niveles de confianza del 95%. Los rangos de productividad en las actividades normalmente se encuentran entre el 40 y el 60%, con posibilidad de incrementarlo entre el 50 y el 50%. (Oglesby, Parker y Howell, 1988)

En la figura 3 se muestra el nomograma para relacionar el tamaño de la muestra, proporción de la categoría, y el límite de error según Oglesby, Parker y Howell (1988). Insertando en el gráfico siguiente, sobre la columna derecha el rango de 40-60% de productividad, con un error de 5% en la columna central se obtiene un mínimo de observaciones por realizar de 384, la línea punteada representa la obtención de este dato a partir de lo explicado anteriormente.

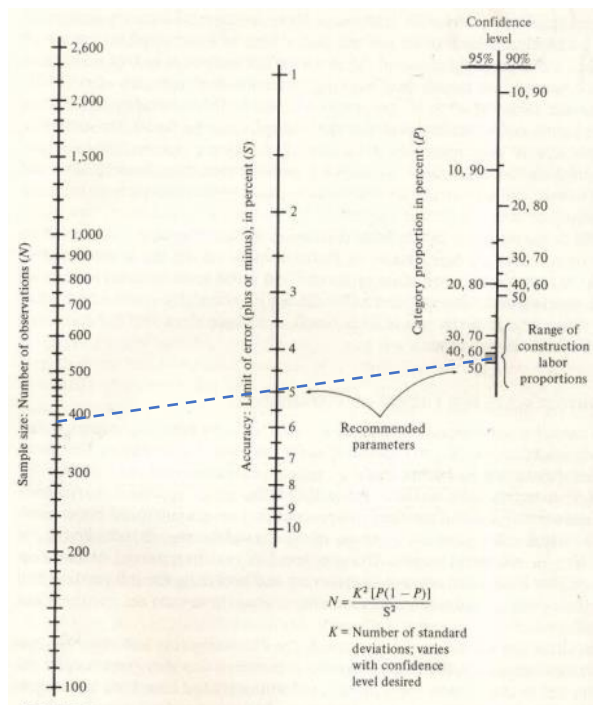


Figura 3. Nomograma para relacionar tamaño de la muestra, proporción de la categoría, y el límite de error de niveles de confianza de 90 y 95 por ciento. (Oglesby, Parker y Howell 1988)

Adicionalmente Botero y Álvarez (2003), afirman el resultado anterior, diciendo que es

necesario realizar un mínimo de 384 observaciones para que presenten validez estadística con un margen de error del 5% y por ende una confiabilidad del 95%.

Crew balance

El Crew balance, o también conocido por su significado en español como balance de cuadrillas, corresponde a una método para la medición de la productividad.

Esta técnica de medición de productividad permite comparar las interrelaciones de trabajo que se dan entre los miembros de la cuadrilla y el equipo o maquinaria que se esté utilizando para llevar a cabo una tarea, es aplicable cuando se realizan tareas cíclicas. (Dozzi y AbouRizk, 1993)

Su representación consiste en un diagrama de barras verticales donde cada una de ella representa una persona o máquina utilizada en determinado proceso, en el eje vertical se representa el tiempo como un porcentaje del total analizado. Las barras se encuentran subdivididas verticalmente con el fin de mostrar el porcentaje del tiempo que una persona o máquina emplea en cada una de esas tareas. (Dozzi y AbouRizk, 1993)

Este diagrama es usualmente conocido, en la ingeniería industrial, como diagrama hombre-máquina en donde Niebel (2009) afirma que esta técnica es útil para estudiar, analizar y mejorar una cuadrilla de trabajo.

Rendimientos de mano de obra

Los rendimientos son datos obtenidos a partir de un estudio de trabajo hecho en campo expresados como las horas hombre por cantidad de trabajo necesarias para llevar a cabo una actividad, son utilizados como base para una buena planeación y presupuestación de la obra lo que conlleva a determinar si es posible su ejecución ya que como lo afirma Botero (2002) "En el proceso del desarrollo de un proyecto de construcción, la elaboración del presupuesto y la programación de obra juegan un papel fundamental, ya que establecen anticipadamente

el costo y la duración del mismo, indispensables para determinar la viabilidad del proyecto.”

Es por esta razón que se justifica la necesidad e importancia de generar una adecuada y suficiente cantidad de datos sobre rendimientos de mano de obra en actividades de la construcción, que puedan ser analizados estadísticamente y a partir de estos poder generar una base de datos confiable que pueda ser utilizada de forma permanente por profesionales de la construcción para la presupuestación y programación de la obra y que además pueda ser actualizada para generar informes cada vez más exactos. (Botero 2002)

Factores que afectan el rendimiento de la mano de obra

Es importante recordar que cada proyecto de construcción es diferente, se realiza bajo distintas condiciones que lo afectan, según Botero (2002) los siguientes son factores que afectan el rendimiento de la mano de obra:

- La economía general o estado económico en que se encuentra el área en que se desarrolla el proyecto, considerando que cuando esta economía es buena la productividad tiende a bajar ya que se hace difícil encontrar mano de obra de buena calidad.
- Los aspectos laborales bajo los cuales debe trabajar la mano de obra, tales como tipo de contrato, sindicalismo, incentivos, forma de pago del salario, el ambiente de trabajo y la seguridad social así como la industrial.
- El clima es un factor importante a considerar y tener en cuenta aspectos como el estado del tiempo, la temperatura, las condiciones del suelo y si se trabaja bajo cubierta.
- La actividad en sí que se realiza, puede generar cambios en los rendimientos ya que se ven alterados por aspectos como su grado de dificultad, el riesgo que genera, la continuidad que se le dé, el orden y aseo del lugar donde se realiza la actividad, la repetición con la que se dé y finalmente el espacio con el que se cuente para su realización.
- La disponibilidad de equipo y herramienta así como su adecuado mantenimiento y suministro y el acceso que se tenga al

equipo de protección personal necesario pueden alterar el rendimiento del recurso humano.

- La calidad y experiencia del equipo encargado de la supervisión de la obra influye en la productividad de las actividades al verse influenciada por aspectos como los criterios que se tengan en la aceptación o rechazo de las operaciones, la forma de dar instrucción y seguimiento en las labores y la relación personal que se presente entre el supervisor y el trabajador.
- Finalmente el trabajador es un factor muy importante a tomar en cuenta ya que presenta situaciones personales que pueden afectar su desempeño así como rasgos ante el trabajo entre los que se pueden mencionar el ritmo con que realiza sus labores, el conocimiento y las habilidades que presenta en las tareas que se le asignen y el desempeño que logre en cada una de ellas.

Determinación de rendimientos de mano de obra

Para Botero (2002) es importante realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos que permita generar una mayor confiabilidad en su uso y establecer que tan confiables pueden ser, para esto se presenta a continuación el procedimiento descrito en el folleto Costos de Construcción elaborado en el año 2009 por la Ing. Geannina Ortiz Quesada, el Ing. Milton Sandoval Quirós y el Ing. Eduardo Paniagua Madrigal.

a) Datos

En la toma de datos se hace necesario establecer el tamaño de la cuadrilla analizada así como la cantidad de trabajo realizada y la duración de cada medición.

b) Cálculo de rendimientos

Los rendimientos se calculan con base en la siguiente fórmula:

$$R = \frac{t \times n}{V}$$

(Ecuación 2)

Donde:

R = Rendimiento en horas hombre/unidad

t = Tiempo de duración de la actividad

n = Número de obreros que participaron en dicha actividad

V = Volumen de trabajo realizado

c) Eliminación de datos extremos

Para el cálculo anterior de rendimientos se hace necesario eliminar los valores obtenidos que se encuentren lejanos a la mayoría de los datos, esto con el fin de obtener una muestra más apropiada.

d) Proceso estadístico

El primer paso es calcular la media aritmética de los rendimientos:

$$R = \frac{R1 + R2 + R3 + \dots + Rn}{n}$$

(Ecuación 3)

Luego se calcula la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(R1 - R)^2 + (R2 - R)^2 + \dots + (Rn - R)^2}{n}}$$

(Ecuación 4)

Por último se obtiene el coeficiente de variación.

$$C. V. = \frac{\sigma}{R}$$

(Ecuación 5)

e) Aplicación de factores

Se afectan los rendimientos con un factor que toma en cuenta tiempos que usan los

trabajadores para transporte de materiales, alimentación, idas al baño, entre otros. Este factor se calcula de la siguiente manera:

$$fi = \frac{tc \times 100}{hd - tc}$$

(Ecuación 6)

Donde:

fi = Factor de incremento

tc = Tiempo consumido en otras actividades

hd = Horas diarias de trabajo total

f) Rendimiento real

Al aplicar el factor de incremento obtenido anteriormente a la media aritmética o promedio de los rendimientos, se obtiene el rendimiento real, este será el valor reportado y se calcula de la siguiente manera:

$$R = Rx(1 + fi)$$

(Ecuación 7)

Es importante destacar que el procedimiento anteriormente descrito se usa generalmente para expresar la cantidad de horas hombre por unidad de trabajo realizada, sin embargo es igualmente posible expresarlo en horas operario, horas ayudante y horas peón.

Costo de la hora hombre

Para obtener el costo de la hora hombre es importante establecer el rendimiento en horas por cada categoría de trabajador, ya que el salario varía entre operarios, ayudantes y peones.

El cálculo del costo de la hora hombre se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo HH} = \frac{\#Ope * \frac{\text{salario}}{\text{hora}} + \#Ayu * \frac{\text{xsalario}}{\text{hora}} + \#Peón * \frac{\text{xsalario}}{\text{hora}}}{\text{Número de trabajadores}}$$

(Ecuación 8)

Es importante mencionar que un dato mayor de rendimiento implica la necesidad de más cantidad de horas hombre en la generación de una unidad de trabajo y no de un mayor avance de trabajo en una cantidad pequeña de tiempo.

Estudio del trabajo

Según la OIT (1996) el estudio del trabajo “es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.”

Con lo anterior se puede destacar que mediante un estudio del trabajo es posible establecer de manera acertada los recursos y rendimientos necesarios para una determinada actividad con lo cual se podría generar aumento en la productividad y contribuir además a una mejor planeación y estimación de costos.

Principio de Pareto

El principio de Pareto está basado en la afirmación de que en todo grupo de elementos que contribuyen a un mismo efecto, sólo unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho resultado. Establece una combinación cuantitativa y ordenada de estos elementos para clasificarlos en dos categorías: los pocos vitales que son muy importantes en su contribución y los muchos triviales que son poco importantes. A partir de la tabla de datos ordenada es posible la obtención de una figura que representa gráficamente este principio (Fundebiq). La figura 4 representa este principio.

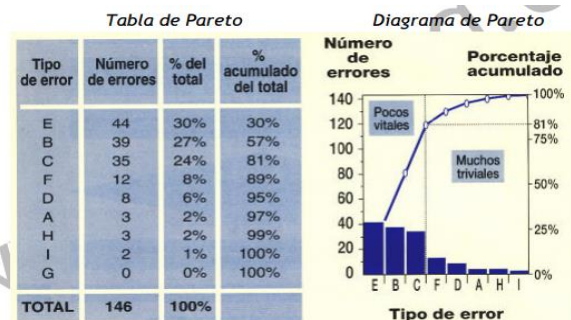


Figura 4. Ejemplo de tabla y demostración gráfica del principio de Pareto (Fundebiq).

Observando el diagrama anterior, se puede explicar la composición del mismo, en el eje horizontal se representan los factores que se desean analizar, en el eje vertical izquierdo se representa la magnitud de dicho factor de acuerdo a la escala de medición y por último en el eje vertical derecho se establece el porcentaje acumulado de la magnitud para cada uno de los factores.

Por su parte Niebel (2009) comenta que el análisis Pareto es una técnica que fue desarrollada por el economista Vilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza, los elementos de interés son medidos en una misma escala y se ordenan en orden descendente de manera tal que permitan una distribución acumulativa. Se conoce como la regla del 80-20 ya que generalmente el 20% de los elementos evaluados representan el 80% o más del total analizado.

Al aplicar este principio a la industria manufacturera, según Hasbun (2014), se define que el 20% de los artículos valen el 80% del valor total de las existencias y que el 80% de los artículos valen el 20% del valor total.

Con lo anterior es posible relacionar el principio de Pareto a la productividad de la construcción ya que se puede establecer que el 20% de las causas de improductividad corresponden al 80% del total que las generan, así como que el 20% de las actividades puede presentar el 80% de los costos del proyecto.

Sistema de clasificación A B C

Este sistema está basado en el diagrama de Pareto, es utilizado principalmente en la clasificación de inventarios y según Hasbun (2014) tiene como objetivo simplificar el control de los elementos a estudiar, poniendo mayor atención a los componentes que tienen mayor valor y menos atención a aquellos que no son tan importantes.

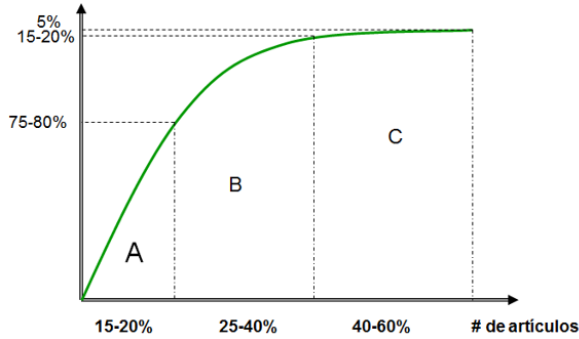


Figura 5. Representación gráfica del sistema A B C (Hasbum, 2014).

De acuerdo a la figura 5 y lo citado por Hasbum (2014) se establece que los elementos tipo A son aquellos en donde el 20% de ellos representa el 80% del costo y por tanto se hace necesario tener un alto control sobre ellos, el 80% de elementos restantes se puede dividir en 30% a los que se denomina tipo B que requieren atención media y el 50% restante como tipo C que no requieren demasiada atención.

Sistema de clasificación 1 2 3

Este sistema de clasificación se basa en la asignación de criticidad a los elementos en estudio en tres categorías distintas mediante la asignación de un número de entre 1, 2 y 3, siendo el 1 considerado como más crítico y el 3 como menos crítico. Existen distintos factores mediante los cuales asignar criticidad en la clasificación de inventarios (Hasbum 2014), tal y como se muestra en la figura 6.

CATEGORIA	IMPORTANCIA PARA PRODUCCION	DIFICULTAD DE ADQUISICION	RESTRICCIONES DEL PROVEEDOR
1	INDISPENSABLE	IMPORTADO (T = 3 meses)	FABRIC. BAJO PEDIDOS ACUMULADOS
2	IMPORTANTE	IMPORTADO (T = 15 días)	FABRICACION BAJO PROGRAMA
3	NO NECESARIO	LOCAL	EN STOCK

Figura 6. Algunos factores muy utilizados en criticidad (Hasbum, 2014).

Combinación de clasificaciones

La combinación de clasificaciones antes mencionadas A B C y 1, 2, 3, da como resultado

una nueva clasificación conocida como Alfa, Beta, Gamma establecida a partir de una matriz ya establecida que se presenta en la figura 7. Su objetivo es combinar ambos criterios para obtener una visión selectiva de ciertos elementos evaluados.

TIPO CLASIF	COSTO		
Criticidad	A	B	C
1	Alfa	Alfa	Alfa
2	Alfa	Beta	Beta
3	Alfa	Beta	Gamma

Figura 7. Matriz para clasificación Alfa Beta Gamma (Hasbum, 2014).

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa conocido también como diagrama de pescado o de causa-efecto. Su forma asemeja la figura de un pescado y según Niebel (2009) fue desarrollado por Ishikawa en los años cincuenta para un proyecto de control de calidad, establece que inicialmente se debe definir la ocurrencia de un determinado evento no deseable que correspondería al efecto o cabeza del pescado y posteriormente unidas a la columna vertebral se van creando las espinas en donde se establecen las causas de dicho evento.

En el diagrama de causa-efecto es posible representar gráficamente la relación cualitativa de los factores que pueden contribuir a la generación de un efecto determinado (Fundebiq). La figura 8 ejemplifica este diagrama.

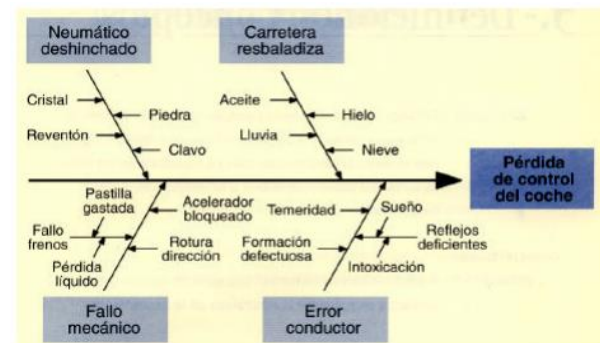


Figura 8. Ejemplo de diagrama de Ishikawa, de pescado o causa-efecto (Fundebiq).

Según Fundebiq este diagrama es muy útil para la formulación de teorías sobre las causas que dan origen a un determinado efecto para poder así establecer posibles soluciones al problema presentado.

A partir de este diagrama es posible establecer las causas más comunes que dan origen a la disminución de la productividad en los procesos constructivos, de esta manera se podrá establecer de manera más ordenada y acertada los posibles soluciones.

Muestreo de trabajo

El muestreo de trabajo es una técnica que pretende, a partir de observaciones y estadística, determinar los tiempos de aparición de una determinada actividad (OIT, 1996), es muy utilizado en el estudio de actividades relacionadas con grupos de personas y equipos en donde se realiza un análisis cuantitativo de los tiempos de trabajo de hombres, máquinas o alguna otra condición observable de trabajo. (García, 2005).

Según García (2005), esta técnica es muy utilizada para determinar:

- El tiempo invertido por una persona en una tarea, preparación y uso de equipos.
- Los tiempos productivos e improductivos de personas o máquinas.
- La magnitud de tiempos perdidos y sus causas.
- Rendimientos de grupos de trabajo.
- Los tiempos efectivos en el uso de equipos.
- La cantidad necesaria de personas y máquinas para llevar a cabo una tarea.
- Los pagos de salarios para mano de obra.

Para Niebel (2009), el muestreo de trabajo es algo similar a lo establecido por los autores anteriores, este lo define como una técnica útil para establecer las proporciones del tiempo que son utilizadas en la elaboración de tareas que conforman una actividad. Señala que es de gran ayuda para determinar la utilización de mano de obra y máquinas además de las holguras aplicables al trabajo así como los estándares de producción.

Para realizar el muestreo de trabajo es útil diseñar formularios de observación en donde se puedan registrar los datos recolectados durante las observaciones, no existen formularios

estándar ya que cada estudio de muestreo de trabajo es diferente desde el punto de vista de datos recolectados y tiempos en que se realiza (Niebel, 2009).

Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo corresponden a uno de los métodos más comunes de representar procesos, gracias a su facilidad de construcción e interpretación, sin embargo es necesario tener en cuenta que existe una simbología asociada a ellos y que cada una representa una acción específica. (Ramonet, 2013)

Según el Mideplan (2009), un diagrama de flujo corresponde a una representación gráfica de un algoritmo o de una secuencia de acciones. Se construyen a partir de la utilización de símbolos, como se muestran en la figura 9, que representan una acción específica y que se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación. A continuación se muestran los símbolos utilizados para la construcción del diagrama de flujo, en donde se detalla la figura correcta a utilizar, que significa cada una de ella y para que se utiliza.










Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Indica la salida y 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 el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Conector	Conector dentro de página. 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. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continúa el diagrama de flujo.

Figura 9. Simbología utilizada para la construcción de diagramas de flujo. (Mideplan, 2009)

La utilización de estos diagramas presenta varias ventajas en el entendimiento del proceso necesario para llevar a cabo una operación, entre estas ventajas el Mideplan (2009) menciona:

- Favorece la comprensión del proceso al ser mostrado como un dibujo, esto debido a que el cerebro humano reconoce más fácilmente las imágenes en comparación con el texto.
- Permite identificar problemas que se dan durante el proceso y establecer condiciones de mejora.
- Son una excelente herramienta para la capacitación de empleados.

Calidad en los procesos constructivos

La calidad se puede definir como el grado, ya sea bueno, malo o excelente, con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos (ISO 9000, 2005). Es un concepto que se basa en la percepción ya que es no se puede sentir, según Besterfield (2009) cuando se habla de calidad se suele imaginar un excelente producto o servicio que cumple con las expectativas de uso y el precio de venta.

Cuando se realiza una inspección estructural a los procesos constructivos es idóneo que sea de calidad en donde se pueda asegurar que se cumplió con los requisitos solicitados en planos y especificaciones del diseño estructural.

Para medir la calidad de un producto o servicio se hace útil utilizar las nueve dimensiones establecidas por Besterfield (2009) que corresponden a: Desempeño, propiedades, conformidad, confiabilidad, durabilidad, servicio, respuesta, estética y reputación; sin embargo afirma que dichas dimensiones son independientes y no todas son aplicables a un producto determinado, por lo cual se hace útil establecer previamente cuales lo caracterizan mejor.

Para obtener una mejora en la calidad de un producto se hace necesario integrar ciertas técnicas, entre las cuales Besterfield (2009) destaca algunas y se mencionan las que son aplicables a los procesos constructivos:

- a. Especificaciones de lo que se necesita.
- b. Diseño de elementos de manera tal que cumplan con la especificación

- c. Construcción de elementos de la manera adecuada según diseño.
- d. Y por último la inspección de dichos elementos para establecer conformidad entre lo diseñado y lo construido.

Listas de verificación de la calidad

Las listas de verificación de la calidad son de gran ayuda para el aseguramiento de la calidad que según la ISO 9000 (2005) corresponde a una parte de la gestión de calidad en la cual se proporciona mayor confianza en el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Estas listas, por lo general, son específicas de cada elemento, ya que en ellas se establecen una serie de pasos o especificaciones que se debieron llevar a cabo para la construcción de dicho elemento y va en función de los requisitos que se establecen para el proyecto.

El formato de las listas de verificación es muy variable, sin embargo lo más común para el proceso de inspección es realizarlas mediante preguntas que permitan al inspector realizar la revisión que se le sugiere por medio de las interrogaciones y definir si el elemento se construyó bajo esos lineamientos, de no ser así se hace la observación a las personas encargadas para que procedan a realizar los cambios respectivos, en estos casos sería recomendable realizar una reinspección en donde se establezca la conformidad con el trabajo realizado.

La calidad es de suma importancia en los proyectos de construcción, ya que su no cumplimiento genera gastos y atrasos en la obra, por las reparaciones o cambios que se deban hacer a los elementos, además puede llegar afectar el funcionamiento del producto que podría terminar hasta en problemas legales entre los dueños y la empresa constructora. Por esto se hace indispensable aplicar la calidad desde que se diseña hasta que se entrega el proyecto, garantizando así un producto que satisfaga los requisitos.

Conceptos de estadística

La estadística se puede definir, según Ruiz (2004), como “la ciencia cuyo objetivo es reunir una información cuantitativa concerniente a individuos, grupos, series de hechos, etc. y deducir de ello gracias al análisis de estos datos unos significados precisos o unas previsiones para el futuro.” (p.3) Además este autor menciona que esta ciencia “trata de la recopilación, organización, presentación, análisis e interpretación de datos numéricos con el fin de realizar una toma de decisión más efectiva.” (p.3)

A continuación se presentan algunos conceptos y principios estadísticos que permitirán comprender mejor la información generada en el apartado de resultados y los cuales son de gran utilidad desde que se inicia la recolección de datos en campo hasta que se procesa y analiza dicha información.

- a. Población: Se refiere “al conjunto completo de elementos, con alguna característica común, que es el objeto de estudio. (Gorgas, Cardiel y Zamorano, 2011, p.11)
- b. Muestra: Corresponde “a un subconjunto de elementos de la población.” (Gorgas et al., 2011, p.12)
- c. Tamaño de la muestra: Pertenece “al número de elementos de la muestra.” (Gorgas et al., 2011, p.12)
- d. Representaciones gráficas: “Permiten una visualización rápida de la información recogida.” (Gorgas et al., 2011, p.12) Según estos autores para representar datos sin agrupar se utilizan diagramas de barra y polígonos de frecuencia que se obtienen uniendo los puntos superiores del diagrama anterior, para datos agrupados es posible utilizar un histograma o polígono de frecuencias y finalmente para representar datos cualitativos es posible utilizar un diagrama de triángulos, similar al de barras, o uno circular.
- e. Media aritmética: Se refiere al promedio de los datos obtenidos, se calcula sumando los valores obtenidos de un conjunto de observaciones y se divide entre la cantidad de datos involucrados. (Gorgas et al., 2011, p.21)
- f. Desviación típica: Conocida como desviación estándar, constituye la medida de dispersión más utilizada en muestras de gran tamaño

se define “como la raíz cuadrada de la varianza.” (Gorgas et al., 2011, p.31)

- g. Coeficiente de variación: “Definido como el cociente entre la desviación típica y la media aritmética.” (Gorgas et al., 2011, p.34)

Definiciones importantes

- a. Actividad: “La actividad corresponde al conjunto de procesos realizados en forma conjunta o sucesiva para la obtención del producto.” (Leandro, 2015)
- b. Operación: “Acciones en el nivel de un proceso que se utilizan para definir y realizar tareas.” (Leandro, 2015)
- c. Proceso: “Sucesión de actos o acciones realizadas con cierto orden, que se dirigen a un punto o finalidad. Conjunto de fenómenos activos y organizados en el tiempo.” (Leandro, 2015)
- d. Tarea: “Las tareas corresponden al conjunto de pasos necesarios para llevar a cabo un proceso, por tanto un conjunto de tareas conforman un proceso.” (Leandro, 2015)
- e. Recursos: “Los recursos es todo aquello que sea necesario para llevar a cabo una tarea, corresponden a mano de obra, materiales, maquinaria, equipo y herramientas.” (Leandro, 2015)
- f. Base de datos: Una base de datos corresponde a un sistema computarizado para llevar registros sobre un tema específico, debe permitir al usuario agregar nuevos archivos y datos así como el poder modificarlos, recuperarlos o eliminarlos. (Date, 2001)

Metodología

A continuación se presenta en detalle los pasos seguidos para llevar a cabo este informe y lograr el cumplimiento de los objetivos planteados.

El proyecto se desarrolló bajo la modalidad de práctica profesional dirigida en la Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica la cual tiene a su cargo el diseño, coordinación e inspección de varias obras que se están construyendo para este centro universitario.

Para la obtención de los datos del presente informe, la Oficina de Ingeniería asignó la construcción del proyecto Núcleo Integrado de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, que se construye de manera conjunta con el Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación, dichas obras son conocidas por sus siglas como ISLHA y TIC's respectivamente y forman parte del mejoramiento institucional y de la educación superior financiado por el Banco Mundial. Su construcción fue adjudicada a la empresa Estructuras S.A.



Figura 10. Vista general esperada para el nuevo edificio ISLHA (Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica, 2015)

El núcleo ISLHA pertenece a la sede central del Tecnológico de Costa Rica, y alberga la escuela de la carrera de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental. Cuenta con un área total de 1354 m² distribuida en 688,25 m² para el primer nivel y 665,85 m² para el segundo nivel, más obra exterior.

El sistema constructivo consiste en mampostería con bloques de concreto y de arcilla, sus cimientos están conformados por placas corridas y vigas asísmicas. El concreto colocado debe cumplir con que la resistencia a la compresión a los 28 días sea igual o superior a los 210 kg/cm².

En cuanto a la distribución de los niveles es posible mencionar la cantidad de espacios destinados a distintas áreas, en el primer nivel se encuentran nueve oficinas, dos laboratorios, un aula especializada, un cuarto de balanzas, un cuarto de muestras, un cuarto de instrumentación, un cuarto de gases, un cuarto eléctrico, un cuarto de telecomunicaciones, dos bodegas, dos servicios sanitarios, una ducha, un cuarto de aseo y una zona de reciclaje mientras que en el segundo nivel se encuentran diez oficinas, un laboratorio, un aula especializada, un cuarto eléctrico, dos bodegas, un área social, cuatro servicios sanitarios y una zona de reciclaje.

Procedimiento

Como primer paso en la realización de este proyecto se realizó la previa selección de las actividades posibles a analizar, para esto se toma como base la oferta presentada para ISLHA, por la empresa constructora, se ordenan las actividades en orden descendente de acuerdo al costo de cada una de ellas y se obtiene el porcentaje acumulado de su peso sobre el costo total, a partir de esto se realiza un análisis de Pareto con el fin de establecer cuales actividades son las más críticas de acuerdo al costo que representan.

Algunos de los costos más altos estaban representados en actividades que no pertenecían a la obra gris, por lo cual se decidió realizar una discriminación entre actividades de este tipo

además de las que ya se encontraban finalizadas o de las que previera una fecha de inicio lejana.

Para esta selección previa se hizo útil un análisis del avance del proyecto que permitió establecer las actividades que se encontraban desarrollando en ese momento y cuales se iban a realizar posteriormente, con esto y con el criterio de profesionales encargados de dicha construcción se hizo posible establecer que procesos eran más críticos en cuanto a su complejidad de elaboración, el tiempo que toma llevar a cabo cada uno de ellos y la cantidad de trabajo que quedaba por realizar en cada una de las actividades.

Al momento de realizar la selección de actividades, las paredes y columnas del primer nivel se encontraban terminadas y una parte del entepiso de este nivel se encontraba ya listo así como algunas paredes del segundo nivel, además, se encontraban colocando la parte restante del entepiso para continuar construyendo sobre este las paredes del segundo nivel.

Una vez realizada la selección previa de las posibles actividades a analizar por medio de la discriminación, se realiza un análisis de Pareto con esta selección, tomando en cuenta que ya algunas de estas se encontraban realizadas, como las paredes del primer nivel o se preveía fecha de inicio lejana como en paredes livianas, las cuales por tanto se excluyeron posteriormente del estudio de trabajo. Seguidamente se realizó la clasificación A B C y 1, 2, 3, de acuerdo a lo explicado en el marco teórico, para la asignación de criticidad se utilizó el criterio de profesionales y la observación en cuanto a complejidad, duración y cantidades faltantes por realizar de las actividades seleccionadas, se asignó 1 a las consideradas más críticas y 3 a las menos críticas, en cuanto a los factores anteriormente citados. Finalmente se realiza una combinación de estas clasificaciones con el fin de establecer, mediante el uso de la matriz para clasificación Alfa, Beta, Gamma, una selección adecuada de las actividades a analizar. A pesar de que la mayoría pertenecían a la clasificación Alfa no se realizó el estudio de todas ellas ya que se construían mientras se tomaban datos de otras actividades.

La selección final de actividades a analizar se realizó tratando de dar prioridad al nivel de importancia en cuanto a su criticidad, que fue asignada por encargados de la obra como el

ingeniero residente y el maestro de obras general. Se fueron tomando datos de las actividades que se iban ejecutando cuando se realizaban visitas a la obra, con el fin de tomar los datos en el tiempo destinado para ello y evitar atrasos en el avance de la investigación.

Una vez seleccionadas las actividades se inició el estudio de cada una de ellas, se procedió a realizar muestreos de trabajo en los procesos necesarios para llevar a cabo cada una de las actividades seleccionadas. Se tomaron algunos videos, dentro de lo que fue posible, donde se pudo observar claramente cada uno de los procesos, ver detalladamente que recursos se utilizaron y que sirvieran para la obtención de rendimientos al tomar un proceso desde que inicia y hasta que termina, tratando de abarcar en cada uno de ellos la mayoría de sus tareas.

Se realizaron distintos muestreos en forma aleatoria para los distintos procesos, durante distintos días de la semana cuando así fue posible, a diferentes horas del día y teniendo variaciones de temperatura y de las condiciones climáticas, para lograr de esta manera una mayor validez estadística en los datos obtenidos.

Se creó un formulario, tal y como se muestra en la figura 11, que permitiera realizar la toma de datos, de acuerdo a cada tipo de trabajador y estableciendo si al momento de la observación se encontraba trabajando o no y que tarea estaba desempeñando. Las observaciones fueron realizadas cada quince segundos durante un tiempo tal que permitiera obtener una cantidad de observaciones mínimas aceptable como tamaño de la muestra pero que además permitiera observar por completo una determinada cantidad de trabajo realizada en ese momento. Cuando el trabajador se encontraba realizando tareas productivas o contributivas se consideraba como trabajando, mientras que cuando se encontraba en tareas improductivas se contemplaba como no trabajando.

La cantidad mínima de observaciones realizadas fue de 384 según lo explicado en el marco teórico, para algunos procesos fue posible establecer una mayor cantidad, logrando una disminución en el error. El formulario diseñando se iba adaptando de acuerdo a la cantidad de trabajadores involucrados en cada proceso y de observaciones realizadas, la elaboración de cada uno de ellos se muestra en el Apéndice A, y los resultados generados a partir de este muestreo

involucradas en su elaboración, se obtuvieron los rendimientos para cada muestreo a partir del procedimiento y análisis estadístico descrito en el marco teórico.

Para la obtención del factor de incremento se utilizó la jornada diaria correspondiente a 10,15 horas al día, ya que trabajaban desde las 6:30 am y hasta las 4:45 pm, considerando como tiempo improductivo las horas destinadas al café, almuerzo e idas al baño, el detalle del cálculo de este factor se puede observar en el Apéndice E.

Inicialmente se obtuvieron rendimientos generales para cada uno de los procesos, expresados en hora hombre por unidad de trabajo, seguidamente se realizó una discriminación entre la cantidad de operarios y ayudantes involucrados que permitiera obtener un rendimiento en horas operario y otro en horas ayudante, ambos por unidad de trabajo.

A este punto es importante aclarar que debido a limitaciones mencionadas anteriormente en el apartado de introducción, no fue posible establecer muestreos para algunos procesos tales como el encofrado y el colado de vigas corona de concreto reforzado en donde se tuvo solamente acceso a la realización de un video para el encofrado y ninguno para el colado. Sin embargo se pudieron establecer algunos datos de rendimientos para estos procesos, con el fin de completar los resultados para generar una base de datos que permitiera el cálculo del costo total de mano de obra necesario en elaboración de cada proceso.

Con los rendimientos finales obtenidos para cada proceso, y con ayuda de la herramienta Microsoft Office Access 2013 se realizó la base de datos en forma conjunta con Douglas Camacho Piedra y Kristell Sánchez Pereira, esta última presentaba conocimiento básico en el manejo de dicha herramienta y fue a quien se le aportaron ideas necesarias para la generación de dicha base de datos. Ellos se encontraban desarrollando un proyecto similar en distintas construcciones dentro del Tecnológico de Costa Rica y la decisión de realizar la base de datos en forma conjunta se dio debido a que no tenía sentido entregar tres archivos distintos de esta base a la Oficina de Ingeniería cuando lo que se pretende es generar rapidez en las labores de programación y presupuestación y no que se tengan que consultar tres fuentes distintas para poder llevar a cabo estas labores. La base

de datos fue creada de manera tal que pueda cumplir ciertas funciones como:

- Permitir la consulta de rendimientos en distintos procesos constructivos.
- Consultar las características generales de la obra en que se tomaron los rendimientos, de tal manera que cuando se le dé uso se establezcan los cálculos con base en otras obras con características similares.
- Generar costos de mano de obra.
- Generar un informe de los costos generados.
- Permitir al usuario ingresar nuevos datos de proyectos, actividades, procesos y rendimientos de distintos procesos constructivos.

Para generar un mejor entendimiento y uso adecuado de esta base de datos, se generó un manual de usuario en donde se presentan las distintas ventanas a las que se tiene acceso y se establece como llevar a cabo la inserción de nuevos datos en cada una de ellas o la consulta de los ya existentes así como también la forma en que se obtiene el costo total de la mano de obra.

Se realizaron encuestas a los trabajadores y encargados de la construcción con el fin de poder establecer factores, según ellos, podían afectar la productividad de las labores de construcción. Al no poder realizar la cantidad de entrevistas necesarias para lograr una validez estadística, por las limitaciones presentadas durante la investigación, se decidió hacer una observación detallada de la forma en que se daban los procesos constructivos, para poder establecer otros factores que afecten la eficiencia y eficacia con que los trabajadores realizan sus labores. Para la realización de estas encuestas se realizaron formularios presentados en el Apéndice G, en donde además se encuentran las respuestas obtenidas de los trabajadores, de acuerdo a su categoría. En la sección de resultados se presentan las gráficas que resumen los resultados obtenidos.

A partir de los resultados generados en las encuestas y observaciones realizadas en obra, fue posible establecer un diagrama de Ishikawa donde se muestran las causas que generan una disminución en la productividad y atrasos de la obra, a partir de un esquema generado que asemeja la figura de un pescado, según se muestra en la figura 12, en donde la cabeza indica el efecto y cada una de sus

espaldas las causas que generan dicho efecto. A partir de este esquema fue posible relacionar los factores que disminuyen la productividad de la mano de obra con las causas que los generan tales como mano de obra, diseño de sitio, materiales o equipo y la influencia de la zona en que se desarrolla determinado proyecto. Los espacios se fueron ampliando de acuerdo a la cantidad de causas que generan dicho efecto.

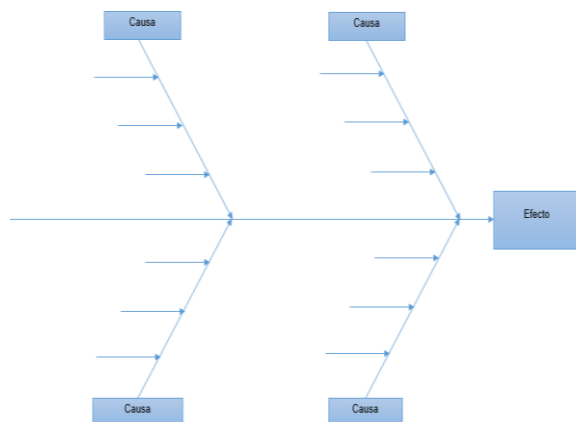


Figura 12. Esquema generado para la creación del diagrama de Ishikawa.

En cumplimiento con el último objetivo, relacionado con la calidad en la realización de las actividades seleccionadas, se procedió a realizar un estudio previo de los factores que determinan la calidad de aceptación de los elementos en sus distintas fases de construcción, de acuerdo a lo establecido en especificaciones técnicas y planos de taller para la construcción del proyecto.

Se generaron listas de verificación de calidad, para elementos constructivos durante sus distintas fases de construcción, dirigidas a la inspección de la obra. En este punto fue de gran ayuda la experiencia generada en las labores de inspección que se cumplían para la Oficina de Ingeniería, ya permitió establecer la manera correcta de entablar dichas listas y tener presente todos los aspectos necesarios a considerar durante el proceso de inspección para la aprobación de los elementos.

Además, para desarrollar estas listas se realizó un estudio de las condiciones con que se debe cumplir en cuanto a distintos aspectos de cada proceso, según lo establecido en especificaciones y los detalles presentados en planos con el fin de considerar todos los factores que influyen en la elaboración de un elemento

constructivo y que pueden llegar a alterar la calidad del producto generando atrasos en el avance de la obra y aumentando los costos de construcción en mano de obra, materiales y equipos, debidos a los cambios que sean necesarios hasta lograr la calidad requerida en un determinado elemento constructivo.

Actividades seleccionadas

Producto de la selección de actividades descrita en la primera parte del procedimiento anterior, se establecieron las actividades a analizar y se mencionan a continuación:

- Entrepiso.
- Paredes de bloques de arcillas.
- Paredes de bloques de concreto.
- Viga corona de concreto reforzado.

Entrepiso

La actividad de entrepiso estuvo compuesta por cuatro procesos, en los que se realizó la toma de datos y el análisis previo, corresponden a la colocación de viguetas de entrepiso, colocación de bloques de entrepiso, colocación del acero de refuerzo y el colado de la losa.

Las viguetas y los bloques de entrepiso pertenecen al sistema de entrepisos pretensados de la empresa Productos de Concreto (PC). Corresponden a piezas prefabricadas de concreto que facilitan la construcción de entrepisos. Las dimensiones de estos elementos varían de acuerdo a los detalles en planos, en cuanto a longitud y espesores requeridos, como se presenta en la figura 13.

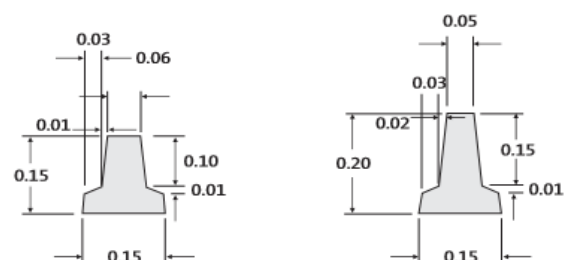


Figura 13. Variación de las dimensiones de las viguetas de entrepiso de acuerdo al tipo de bloque a colocar. (Productos de concreto)

En zonas donde se solicitó colocar bloques tipo A, los cuales presentan un espesor de 20 cm, se utilizó la vigueta mostrada al lado derecho de la figura 13, mientras que donde se solicitó colocar bloque tipo O se utilizó el detalle de vigueta presentado al lado izquierdo de la figura 13 ya que corresponde a un espesor de 15 cm. Fue necesario colocar láminas de estereofón en los bloques extremos de tal manera que se evite el ingreso del concreto en ellos en el momento del colado de la losa.



Figura 14. Vista general de la colocación de viguetas y bloques de entrepiso

El acero de refuerzo para el entrepiso correspondió a la colocación de malla electro-soldada según se indicaba en planos, de acuerdo a los traslapes solicitados y las dimensiones necesarias. Se colocaron helados para generar un recubrimiento entre el sistema de bloque y viguetas y la malla electro-soldada.



Figura 15. Colocación de malla electrosoldada como acero de refuerzo para entrepiso.

Antes de la inspección es necesario que se encuentren colocadas las guías que permiten obtener el espesor de losa solicitada y que se dé la limpieza de la zona que se piensa colar.

Una vez que se dio la aprobación por parte de la inspección, en donde se verifica entre otras cosas que se cumpliera con todas las solicitudes y que se cuente con la limpieza respectiva, se procedió a realizar el colado de la losa, el cual se hace de acuerdo a los recursos y el espacio disponible, puede hacerse con concreto hecho en sitio o con concreto premezclado.



Figura 16. Colado de la losa de entrepiso.

En esa ocasión se utilizó concreto premezclado debido a que el diseño de sitio no presentaba las condiciones óptimas que permitieran producir el concreto cerca de la obra y transportarlo hasta la altura del entrepiso de manera eficiente.

A partir de este sistema prefabricado de entrepisos es posible lograr espesores de 20 y 25 centímetros, con un rango máximo de luces que varía de entre 6 a 8 metros. (Productos de concreto)

Paredes de bloques de arcilla

La construcción de paredes de bloques de arcilla se tomó como un proceso conjunto, tomando la colocación de bloques, colocación de acero de refuerzo, preparación de mortero y de concreto, relleno de sisas y de celdas y el acabado de la pared como tareas de la actividad en general.

Para la toma de datos se seleccionó el ducto de las escaleras de emergencia correspondiente al segundo piso, al presentar un área grande que permitiera generar varios muestreos de trabajo.

Se utilizaron bloques de arcilla de dos huecos y con dimensiones de 12x12x25 cm, los cortes a los bloques se realizaron según los detalles en planos, como acero vertical se colocó una varilla #3 a cada 25 cm, es decir en cada hueco, y longitudinalmente una varilla #3 a cada dos hiladas. Todas las celdas de la pared debían estar rellenas de concreto.



Figura 17. Construcción de paredes de bloques de arcilla.

Los bloques de arcilla se debían sumergir previamente en agua limpia, se sacaban un momento después de que el agua dejaba de burbujear y se dejaban escurrir un poco, no totalmente, esto se hacía para evitar que el bloque se quebrara o agrietara durante su colocación.



Figura 18. Burbujeo generado por los bloques de arcilla al ser remojados.

La preparación del mortero y del concreto se realizaba en carretillo debido a que no se contaba con una batidora cercana o algún medio que permitiera transportar el concreto desde la batidora que se encontraba un tanto alejada de este proyecto.

Estas paredes son de ladrillo expuesto, por tanto el mortero se realizaba con arena fina para que las sisas quedaran con una impresión agradable, además se realizaba un lavado de cada hilada para que las sisas quedaran acabadas y los bloques de arcilla libres de cualquier mancha de concreto o mortero.

Para esta actividad, no se incluyen, en el estudio, los procesos de colocación del acero de refuerzo vertical ni de las maestras que sirven como guía para mantener el nivel de la pared.

Paredes de bloques de concreto

Al igual que en las paredes de bloques de arcilla, las de bloques de concreto fueron tomadas como un proceso conjunto, tomando la colocación de bloques, colocación de acero de refuerzo, preparación de mortero y de concreto, relleno de sisas y de celdas como tareas de la actividad general. De igual manera no se incluye la colocación del acero de refuerzo vertical ni de las maestras.

Para la toma de datos se seleccionó una pared que se estaba construyendo en el segundo nivel y que correspondía a una pared interna.

Se utilizaron bloques de concreto tipo Patarrá de 12x20x40 cm de clase A. El acero de refuerzo horizontal se realizó con varilla # 3 a cada dos hiladas y verticalmente se colocó una varilla # 3 a cada 40 cm. Las celdas que se debían de rellenar correspondían a las que llevaban el acero de refuerzo vertical. La pared seleccionada se encontraba compuesta por dos paredes que se cruzaban entre sí, formando una "T" lo cual generaba mayor complejidad de construcción al tener que estar generando distintos cortes en los extremos e intersecciones, distintos de una hilada a otra, pero repitiéndose de hilada de por medio.



Figura 19. Construcción de paredes de bloques de concreto.

Al igual que para las paredes de bloques de arcilla, la preparación del mortero y del concreto se realizó en carretillos por las mismas circunstancias. Sin embargo para estas paredes se debían colocar los bloques en estado seco.

Viga corona de concreto reforzado

La actividad de viga corona se encontraba conformada por los procesos de armado del acero, colocación del acero, encofrado, preparación del concreto y colado de la viga. Para el proceso del colado de la viga no se pudo realizar ningún muestreo de trabajo debido a limitaciones presentadas con profesionales y trabajadores de la empresa constructora y que fueron mencionadas en el apartado de la introducción, para el proceso de encofrado solo se pudo realizar un muestreo, sin embargo para ambos se pudieron obtener algunos datos de rendimientos.

Para la toma de datos se seleccionaron dos vigas para generar un muestreo de trabajo de cada una de ellas, una corresponde al tipo VH70C y otra VH40D que corresponde a vigas homogéneas y cuyos detalles se presentan a continuación.

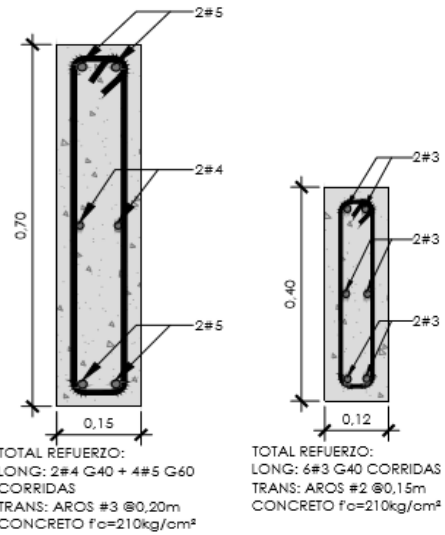


Figura 20. Detalle de viga VH70C a la izquierda y VH40D a la derecha. (Lámina S 09 de planos estructurales del edificio ISLHA)

El armado del acero consistió en la fabricación de aros, en el taller de armadura, necesarios en cada tipo de viga.



Figura 21. Taller de armadura para el edificio ISLHA y TIC's.

La colocación del acero se dio de acuerdo a lo detallado en planos y a pesar de que se encontraban de estos tipos de vigas en distintos lugares sólo se pudo analizar una de cada tipo, debido a las limitaciones presentadas durante la recolección de datos.



Figura 22. Armado de la viga VH40D.

La formaleta usada, en su mayoría, corresponde a paneles de formaleta con distintas dimensiones de acuerdo al tipo de viga a encofrar, sin embargo en algunos lugares se colocaban piezas de madera que cumplieran con la función de encofrado y con las características que se detallaban en el cartel de licitación en cuanto al tipo y calidad de madera que fuera a ser utilizado como formaleta, para evitar así la alteración de la calidad del elemento.

El concreto utilizado fue preparado en sitio, se utilizó una batidora que se encontraba un tanto alejada del edificio ISLHA al estar más cercana a TIC's, por lo que se requirió realizar el transporte a través del manitou, hasta las orillas del nivel de entepiso de ISLHA.



Figura 23. Preparación del concreto.

La viga tipo VH70C analizada presentaba una longitud de 6,6 metros mientras que la viga VH40D 7,53 metros, a pesar de ser vigas con un volumen relativamente pequeño, el proceso de

colado fue lento debido a que el concreto se producía en una batidora lejana al edificio, según se mencionó anteriormente, y se debía transportar por medio del manitou hasta el edificio ISLHA y de ahí por medio de carretillos y baldes hasta la altura de las vigas, por tanto el transporte del concreto genera un aumento en la cantidad de horas necesarias para llevar a cabo el proceso, teniendo así un dato numérico del rendimiento más alto.

Resultados

Selección de actividades

Tal y como se indicó en la metodología, inicialmente se realizó un análisis de Pareto con base en los costos de las actividades, presentados por la empresa constructora en la oferta correspondiente al edificio ISLHA, dicho análisis se muestra en la figura 24, en ella se

observa la variación del costo de cada actividad de acuerdo al porcentaje acumulado de su peso en el total de la oferta. En esta figura, además, se delimita el 80/20 propuesto por Pareto, la línea punteada separa la zona de actividades pocos vitales a la izquierda de la figura 24 y a su derecha la zona de muchos triviales.

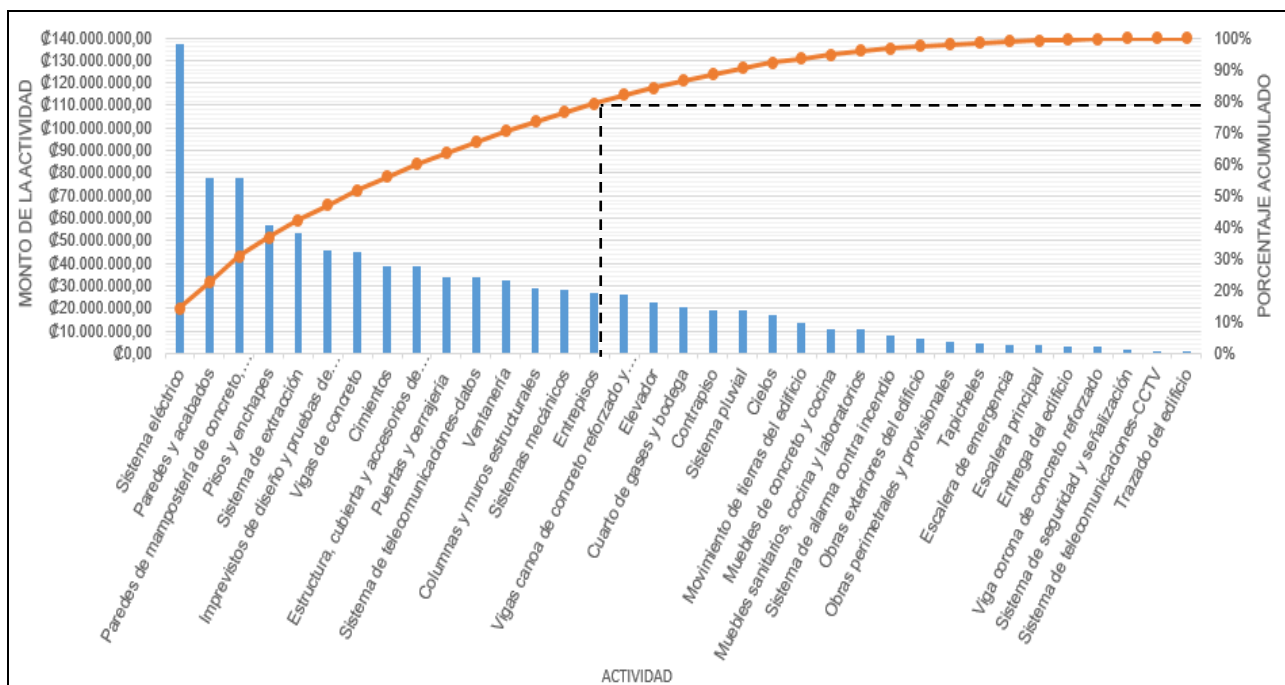


Figura 24. Pareto de costos de actividades para el edificio ISLHA.

En el cuadro 1 se muestra la clasificación A B C del general de actividades y la discriminación entre las actividades posibles a analizar, las que no pertenecen a la obra gris, las que ya se encontraban terminadas y las que presentaban

fecha de inicio lejana. En dicho cuadro se muestra una escala de colores que permite identificar el criterio de discriminación aplicado a cada una de las actividades.

CUADRO 1. SELECCIÓN PREVIA DE ACTIVIDADES	
Actividad	Clasificación
Sistema eléctrico	A
Paredes y acabados	A
Paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas (incluye moquetas)	A
Pisos y enchapes	A
Sistema de extracción	A
Imprevistos de diseño y pruebas de laboratorio	A
Vigas de concreto	A
Cimientos	A
Estructura, cubierta y accesorios de techo (incluye acabados)	A
Puertas y cerrajería	A
Sistema de telecomunicaciones-datos	A
Ventanería	A
Columnas y muros estructurales	A
Sistemas mecánicos	A
Entrepisos	A
Vigas canoa de concreto reforzado y losas de techo perimetrales	B
Elevador	B
Cuarto de gases y bodega	B
Contrapiso	B
Sistema pluvial	B
Cielos	B
Movimiento de tierras del edificio	B
Muebles de concreto y cocina	B
Muebles sanitarios, cocina y laboratorios	C
Sistema de alarma contra incendio	C
Obras exteriores del edificio	C
Obras perimetrales y provisionales	C
Tapicheles	C
Escalera de emergencia	C
Escalera principal	C
Entrega del edificio	C
Viga corona de concreto reforzado	C
Sistema de seguridad y señalización	C
Sistema de telecomunicaciones-CCTV	C
Trazado del edificio	C

Simbología de escala de colores	
	No pertenecen a obra gris
	Finalizadas
	Fecha lejana de inicio
	Posible analizar

Las actividades posibles por analizar, según el cuadro, anterior corresponden a:

- Paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas.
- Columnas y muros estructurales.
- Entrepisos.
- Vigas canoa de concreto reforzado y losas de techo perimetrales.
- Tapicheles.
- Viga corona de concreto reforzado.

Para estas actividades se realizó nuevamente el diagrama de Pareto, según se muestra en la figura 25, en ella se observa el peso de cada una de ellas en cuanto total que representan en conjunto sobre la oferta. De igual manera, se delimita el 80/20 propuesto por Pareto, la línea punteada separa la zona de actividades pocos vitales a la izquierda de la figura 24 y a su derecha la zona de muchos triviales.

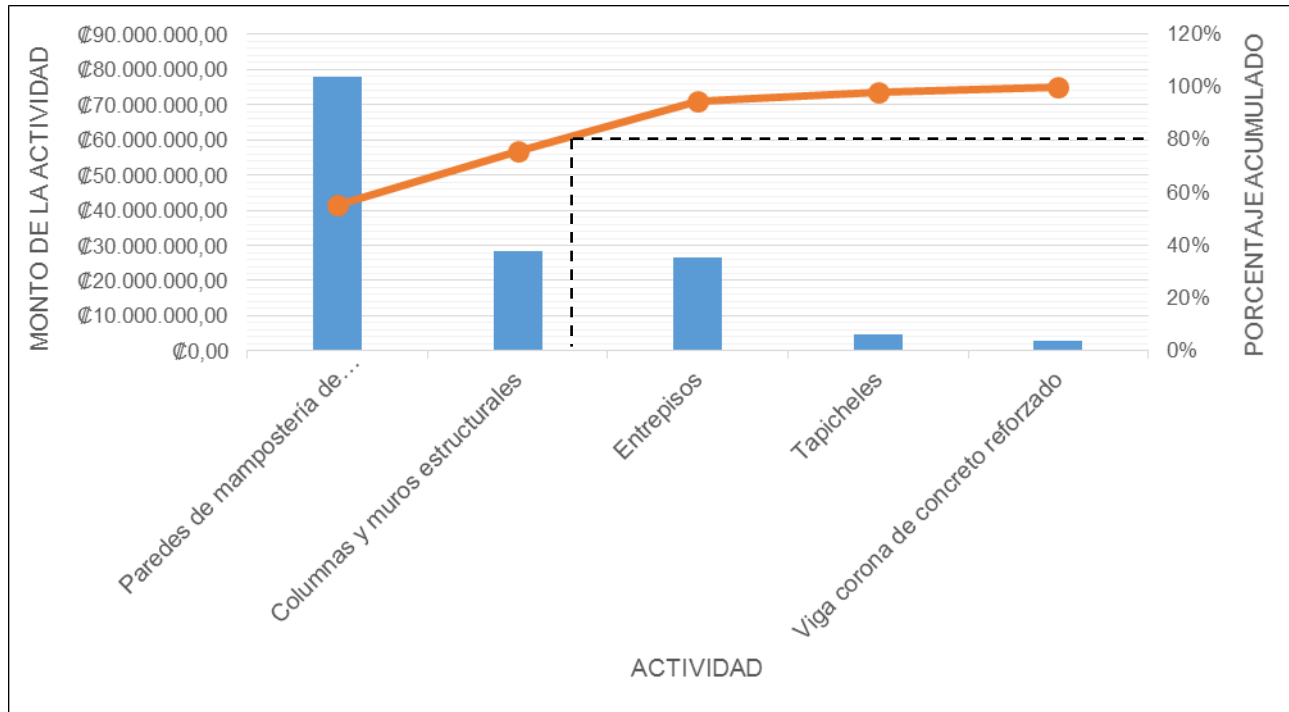


Figura 25. Pareto de costos de actividades posibles a analizar para el edificio ISLHA.

En el cuadro 2 se muestra la clasificación A B C realizada a las actividades seleccionadas previamente de acuerdo a lo obtenido del diagrama de Pareto. Seguidamente en el cuadro 3 la clasificación 1, 2, 3, establecida de acuerdo a criterio experto.

En el cuadro 4 se muestra la combinación de ambas clasificaciones, de acuerdo a lo establecido por la matriz para clasificación Alfa, Beta, Gamma.

CUADRO 2. CLASIFICACIÓN A B C DE LAS ACTIVIDADES PREVIAMENTE SELECCIONADAS				
Actividad	Monto	% Peso	% Total Acumulado	Clasificación
Paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas (incluye mochetas)	¢77.894.795,85	55,39%	55,39%	A
Columnas y muros estructurales	¢28.560.890,23	20,31%	75,71%	A
Entrepisos	¢26.689.514,77	18,98%	94,69%	B
Tapicheles	¢4.601.256,92	3,27%	97,96%	C
Viga corona de concreto reforzado	¢2.870.702,04	2,04%	100,00%	C
Total	¢140.617.159,81	100,00%		

CUADRO 3. ASIGNACIÓN DE CRITICIDAD A LAS ACTIVIDADES PREVIAMENTE SELECCIONADAS	
Actividad	Criticidad
Paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas (incluye mochetas)	1
Columnas y muros estructurales	3
Entrepisos	1
Tapicheles	3
Viga corona de concreto reforzado	2

CUADRO 4. CLASIFICACIÓN ALFA BETA GAMMA DE ACTIVIDADES PREVIAMENTE SELECCIONADAS			
Actividad	Clasificación	Criticidad	Combinación
Paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas (incluye mochetas)	A	1	Alfa
Columnas y muros estructurales	A	3	Alfa
Entrepisos	B	1	Alfa
Tapicheles	C	3	Gamma
Viga corona de concreto reforzado	C	2	Beta

Entrepiso

En la figura 26 se muestra el diagrama de flujo que describe la secuencia de los procesos generales para la actividad entrepiso.

Para esta actividad se analizaron los procesos de colocación de viguetas de entrepiso, colocación de bloques de entrepiso, colocación de acero de refuerzo y finalmente el colado de la losa.

En el cuadro 5 se muestran los recursos necesarios para cada uno de estos procesos.

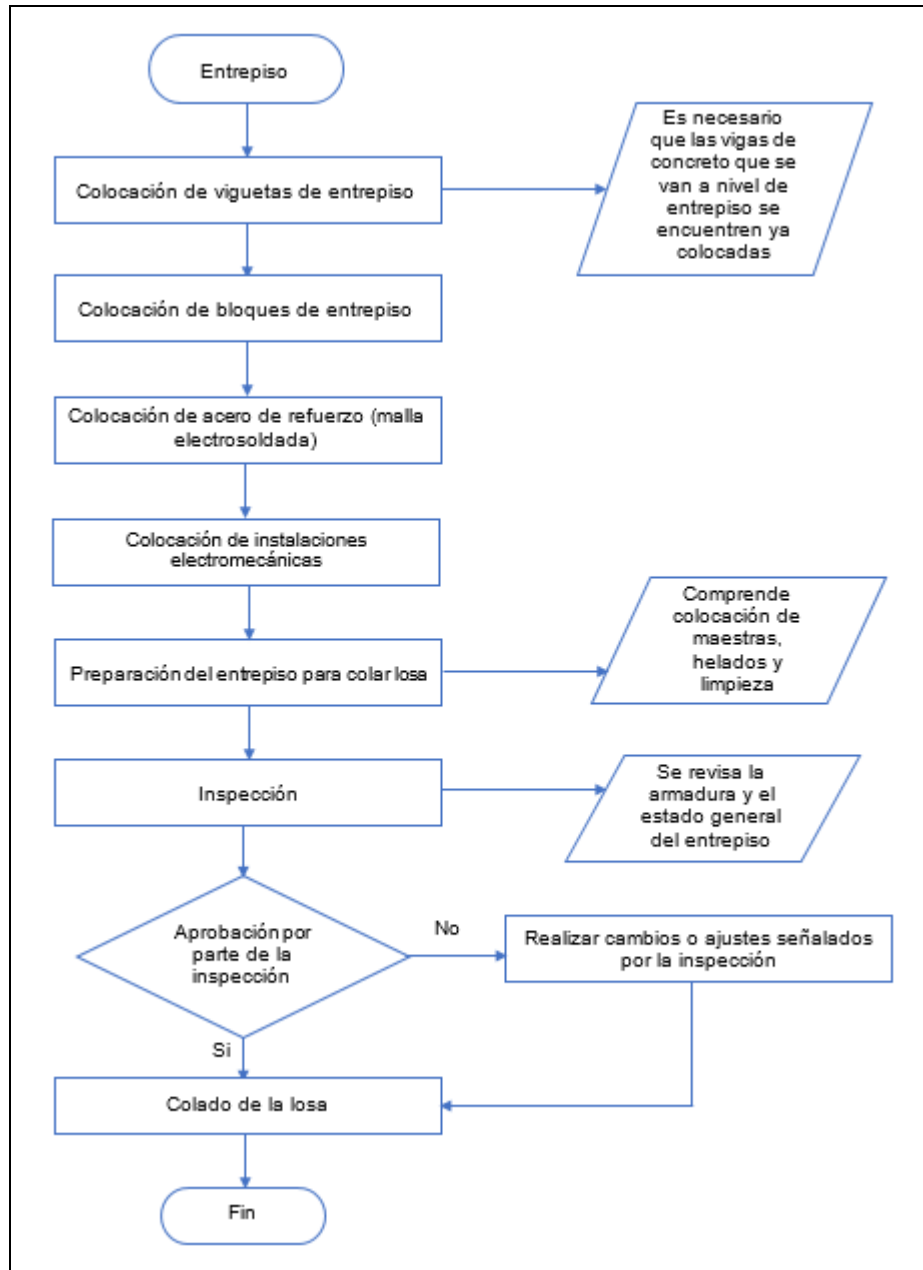


Figura 26. Diagrama de flujo general para la actividad entrepiso.

CUADRO 5. RECURSOS PARA LOS PROCESOS ANALIZADOS EN LA ACTIVIDAD DE ENTREPISO

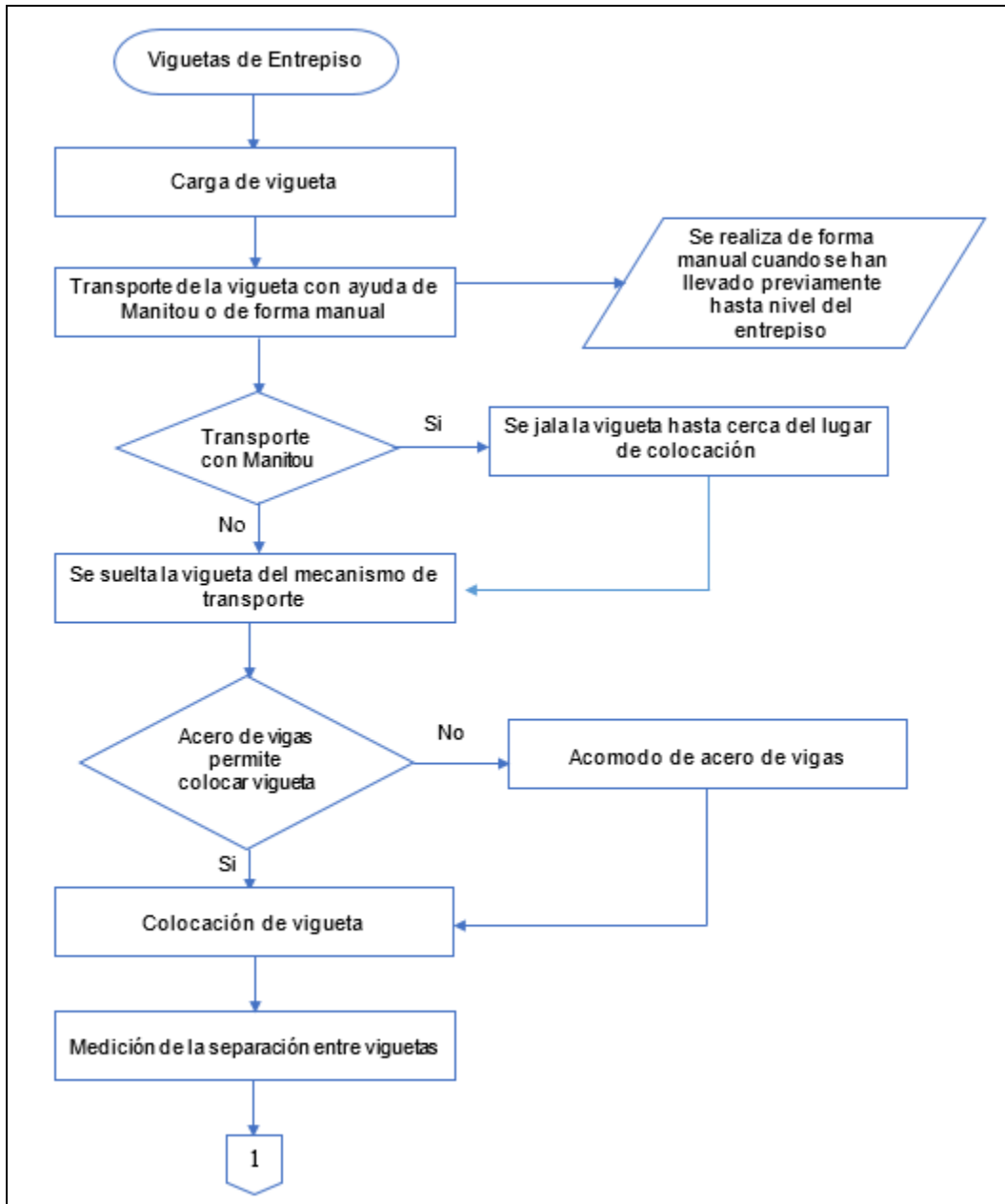
Proceso	Recursos		
	Cuadrilla	Materiales	Equipo
Colocación de viguetas de entrepiso	1 Operario (2 Operarios cuando se utiliza el manitou) 3 Ayudantes	Viguetas de concreto Madera Alambre negro Cuerdas Clavos	Manitou con linga Mecates Barra Martillo Tenaza Cinta métrica Nivel
Colocación de bloques de entrepiso	2 Operarios 4 Ayudantes	Bloques de concreto Estereofón Alambre negro	Manitou con pala/ Backhoe Tenaza Barra
Colocación de acero de refuerzo	1 Operario 3 Ayudantes	Malla electrosoldada (6mx2,5m) Alambre negro	Cizalla Tenaza
Colado de losa	6 Operarios 7 Ayudantes	Concreto premezclado Agua	Bomba telescópica Vibradores Palas Codales Cucharas Llanetas Flota Tenaza Manguera

Colocación de viguetas de entrepiso

Primeramente se muestra en la figura 27 el diagrama de flujo donde se detallan las tareas

necesarias para completar el proceso de colocación de viguetas.

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos a partir de tres muestreos de trabajo, necesarios para realizar el análisis de productividad y rendimientos en este proceso.



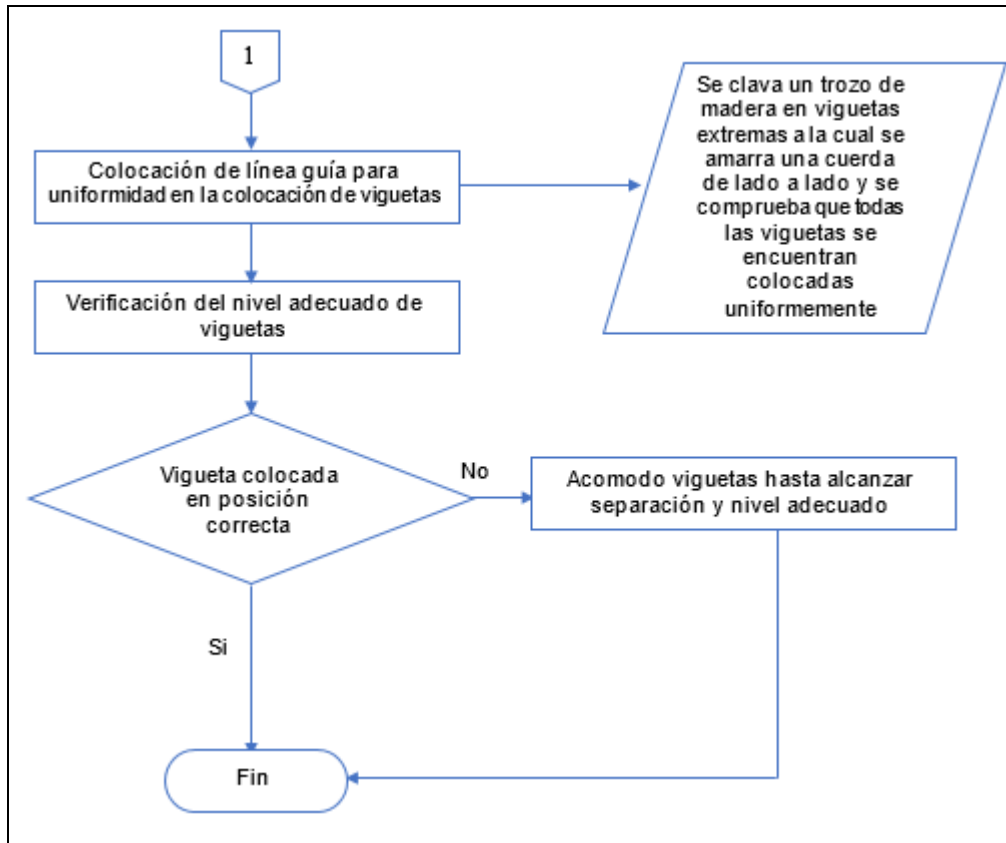


Figura 27. Diagrama de flujo para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso.

MUESTREO 1 COLOCACIÓN DE VIGUETAS DE ENTREPISO

El cuadro 6 muestra la información general bajo la cual fue realizado este primer muestreo, correspondiente a la colocación de viguetas de entrepiso, se presenta el día en que se llevó a

cabo, la hora de inicio, la temperatura, el total de observaciones realizadas y la frecuencia con que se hicieron.

CUADRO 6. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/02/2016
Hora de inicio	07:40 a.m.
Temperatura	20 °C
Total de observaciones	788
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 7 se desglosan las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo, estas tareas varían algunas veces de un muestreo a otro debido a la dinámica de la construcción, en este cuadro se puede apreciar la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 7. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando vigueta	104	13,20%
	Acomodando vigueta	95	12,06%
TC	Dando instrucciones	28	3,55%
	Cargando vigueta	8	1,02%
	Transportando vigueta	101	12,82%
	Buscando materiales	27	3,43%
	Clavando	31	3,93%
	Colocando línea guía	30	3,81%
	Verificando nivel	6	0,76%
	Acomodando vigas	9	1,14%
	Midiendo separación	17	2,16%
TI	Transportándose	41	5,20%
	Hablando	84	10,66%
	Esperando	136	17,26%
	Ocioso	23	2,92%
	Ausente	48	6,09%
TOTAL		788	100,00%

La información del cuadro anterior se complementa con la figura 28, en donde se muestran los porcentajes generales de productividad para este proceso, de acuerdo a la categoría de trabajo correspondiente a trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), además se puede ver el detalle para cada trabajador en la figura 29.

La figura 30 corresponde al gráfico Crew balance por trabajador, en donde se aprecia la cantidad de tiempo que estuvieron desempeñando cada tarea.

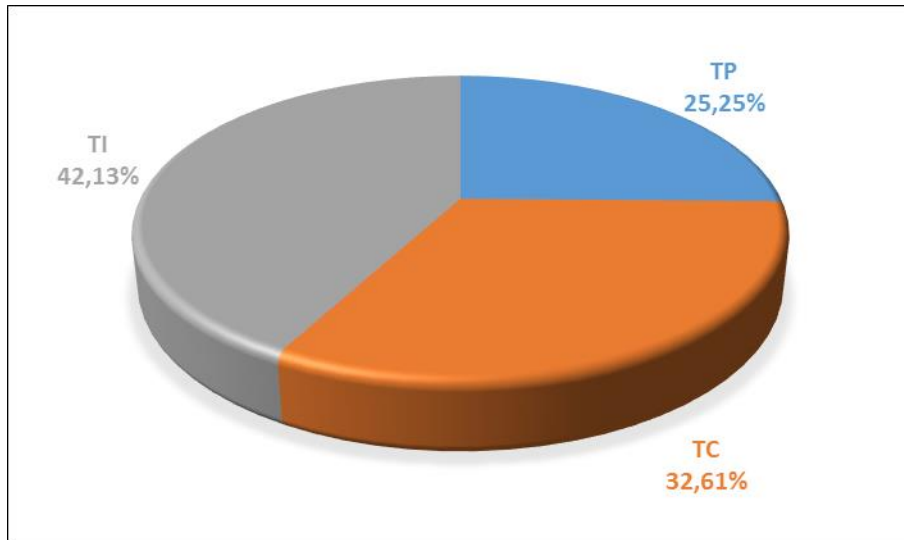


Figura 28. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 1.

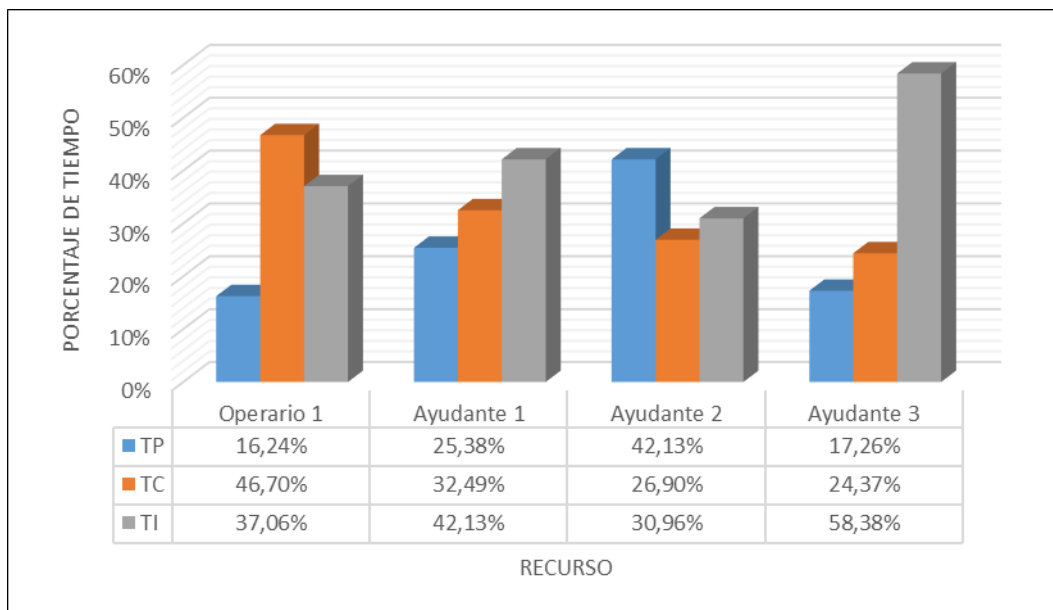


Figura 29. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 1.

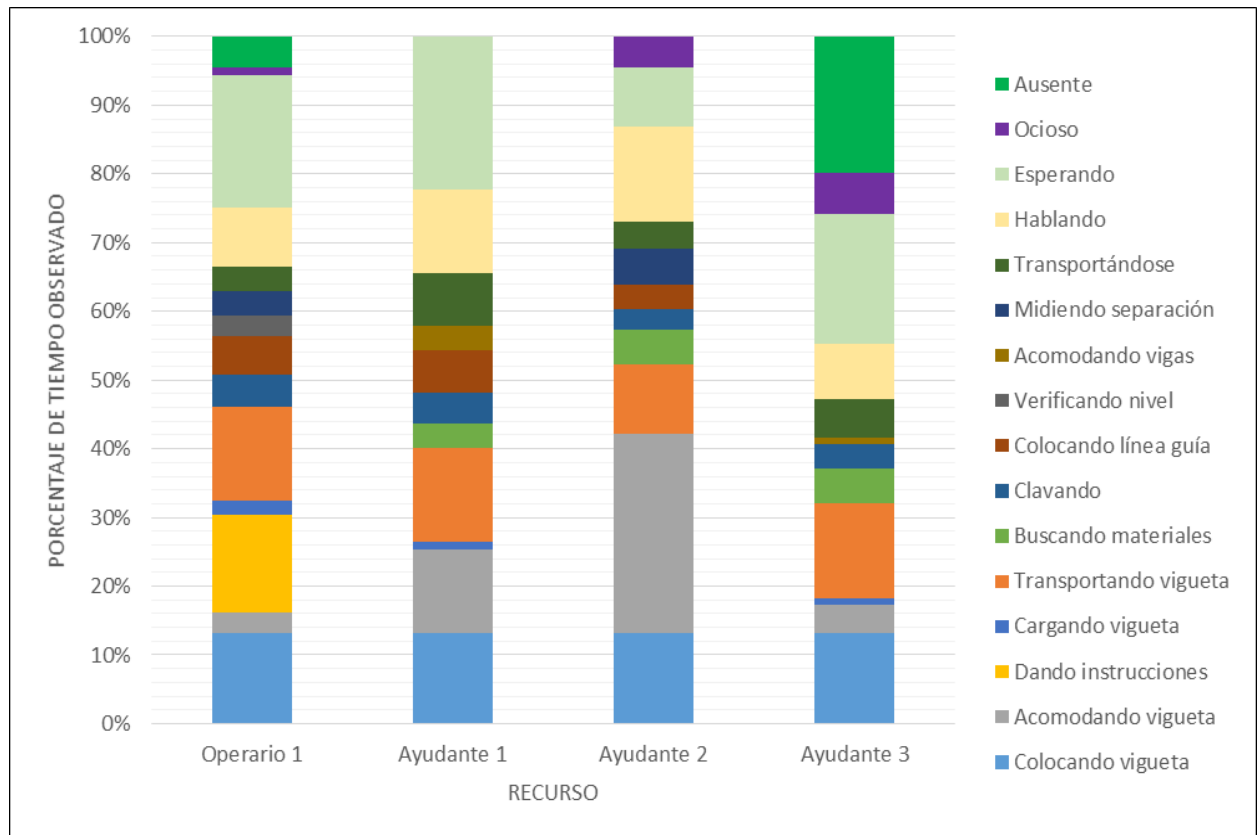


Figura 30. Grafico Crew balance para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 1.

MUESTREO 2 COLOCACIÓN DE VIGUETAS DE ENTREPISO

El cuadro 8 muestra la información general bajo la cual fue realizado este segundo muestreo para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, se presenta el día en que se llevó a

cabo, la hora de inicio, la temperatura, el total de observaciones realizadas y la frecuencia con que se hicieron.

CUADRO 8. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/02/2016
Hora de inicio	02:10 p.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	475
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 9 se desglosan las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo, estas tareas variaron un poco respecto al muestreo 1 debido a la dinámica de la construcción, en este cuadro se puede apreciar la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 9. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando vigueta	32	6,74%
	Acomodando vigueta	37	7,79%
TC	Dando instrucciones	4	0,84%
	Cargando vigueta	8	1,68%
	Transportando vigueta	96	20,21%
	Colocando línea guía	9	1,89%
	Verificando nivel	3	0,63%
	Jalando vigueta	69	14,53%
	Soltando vigueta	37	7,79%
	Acomodando vigas	16	3,37%
	Midiendo separación	2	0,42%
TI	Transportándose	42	8,84%
	Hablando	36	7,58%
	Esperando	71	14,95%
	Ocioso	13	2,74%
TOTAL		475	100,00%

La información del cuadro anterior se complementa con la figura 31, en donde se muestran los porcentajes generales de productividad para este proceso, de acuerdo a la categoría de trabajo correspondiente a trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), además se puede ver el detalle para cada trabajador en la figura 32.

La figura 33 corresponde al gráfico Crew balance por trabajador, en donde se aprecia la cantidad de tiempo que estuvieron desempeñando cada tarea.

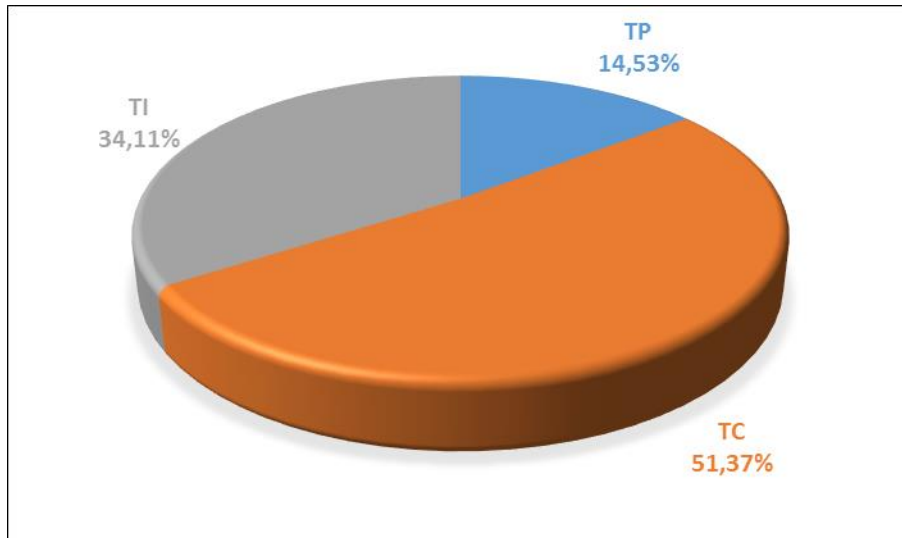


Figura 31. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 2.

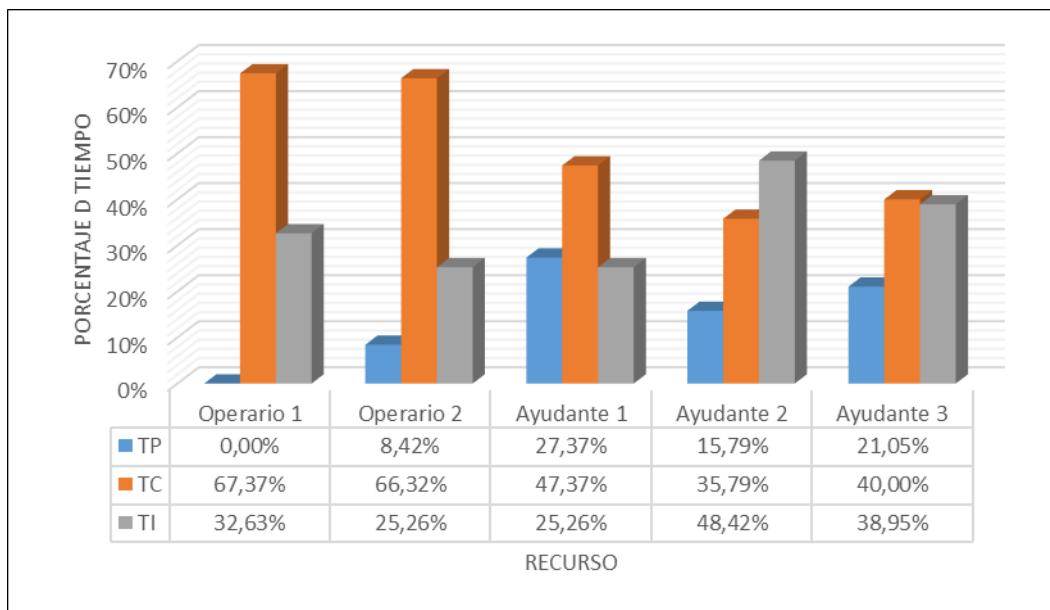


Figura 32. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 2.

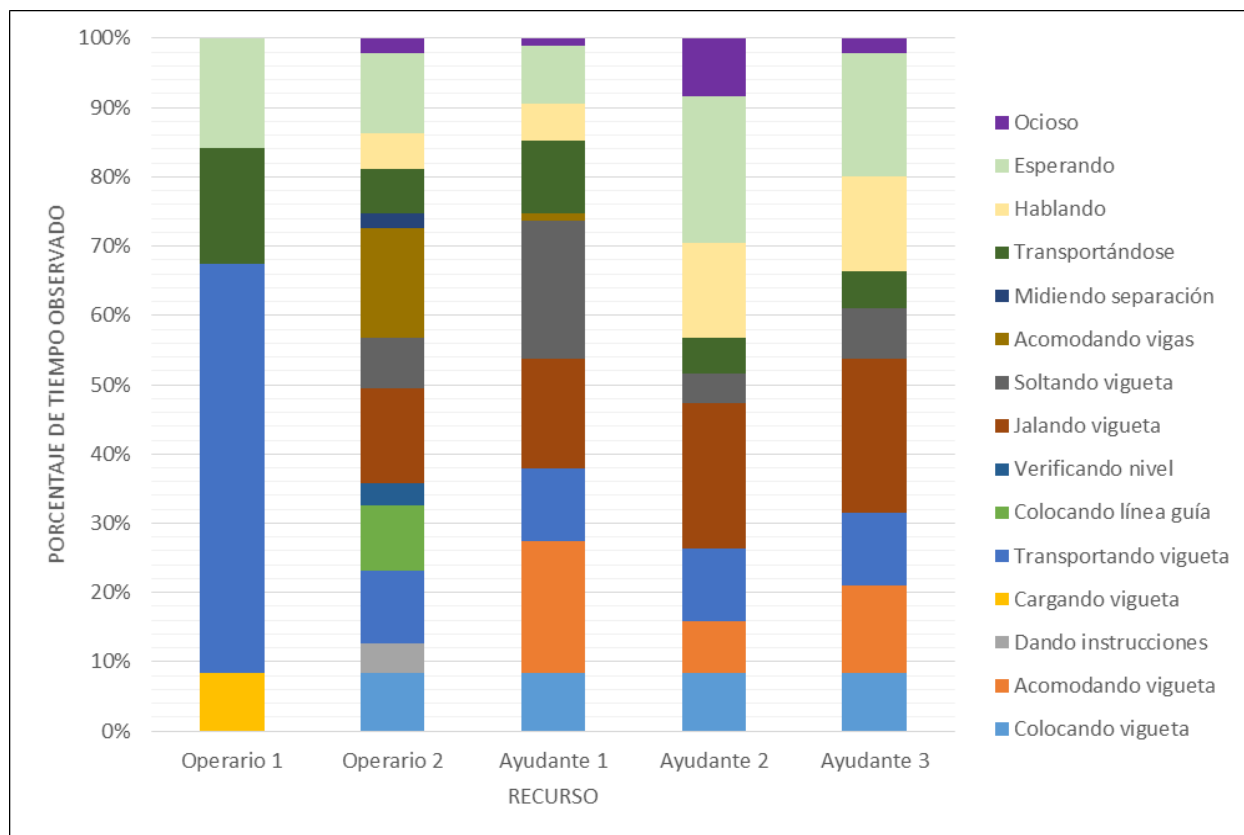


Figura 33. Grafico crew balance para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 2.

MUESTREO 3 COLOCACIÓN DE VIGUETAS DE ENTREPISO

El cuadro 10 muestra la información general bajo la cual fue realizado este tercer muestreo para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, se presenta el día en que se llevó a cabo, la hora

de inicio, la temperatura, el total de observaciones realizadas y la frecuencia con que se hicieron.

CUADRO 10. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	19/02/2016
Hora de inicio	10:20 a.m.
Temperatura	20 °C
Total de observaciones	564
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 11 se desglosan las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo, estas tareas variaron respecto al muestreo 1 y 2 debido a la dinámica de la construcción, en este cuadro se puede apreciar la cantidad de observaciones realizadas sobre cada

tarea, el porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 11. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando vigueta	83	14,72%
	Acomodando vigueta	36	6,38%
TC	Dando instrucciones	11	1,95%
	Cargando vigueta	12	2,13%
	Transportando vigueta	76	13,48%
	Buscando materiales	27	4,79%
	Clavando	31	5,50%
	Colocando línea guía	46	8,16%
	Verificando nivel	8	1,42%
	Acomodando vigas	6	1,06%
	Midiendo separación	6	1,06%
TI	Transportándose	43	7,62%
	Hablando	80	14,18%
	Esperando	74	13,12%
	Ocioso	10	1,77%
	Ausente	15	2,66%
TOTAL		564	100,00%

La información del cuadro anterior se complementa con la figura 34, en donde se muestran los porcentajes generales de productividad para este proceso, de acuerdo a la categoría de trabajo correspondiente a trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), además se puede ver el detalle para cada trabajador en la figura 35.

La figura 36 corresponde al gráfico Crew balance por trabajador, en donde se aprecia la cantidad de tiempo que estuvieron desempeñando cada tarea.

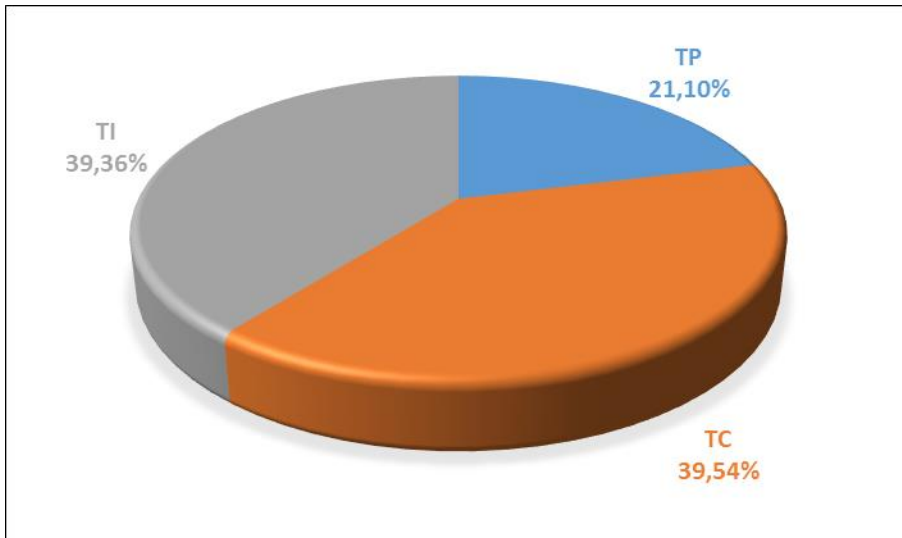


Figura 34. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 3.

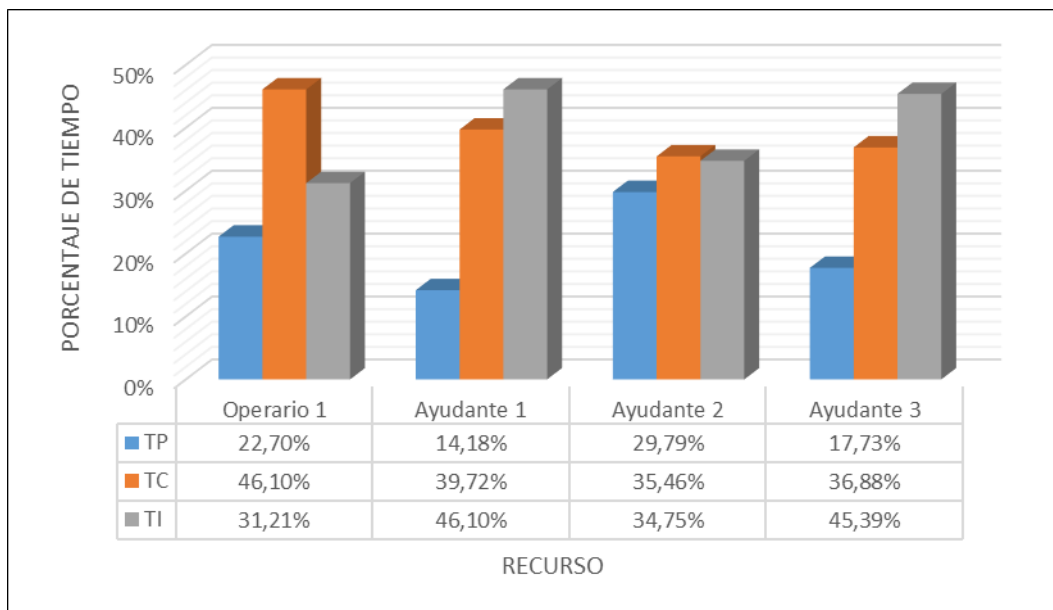


Figura 35. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 3.

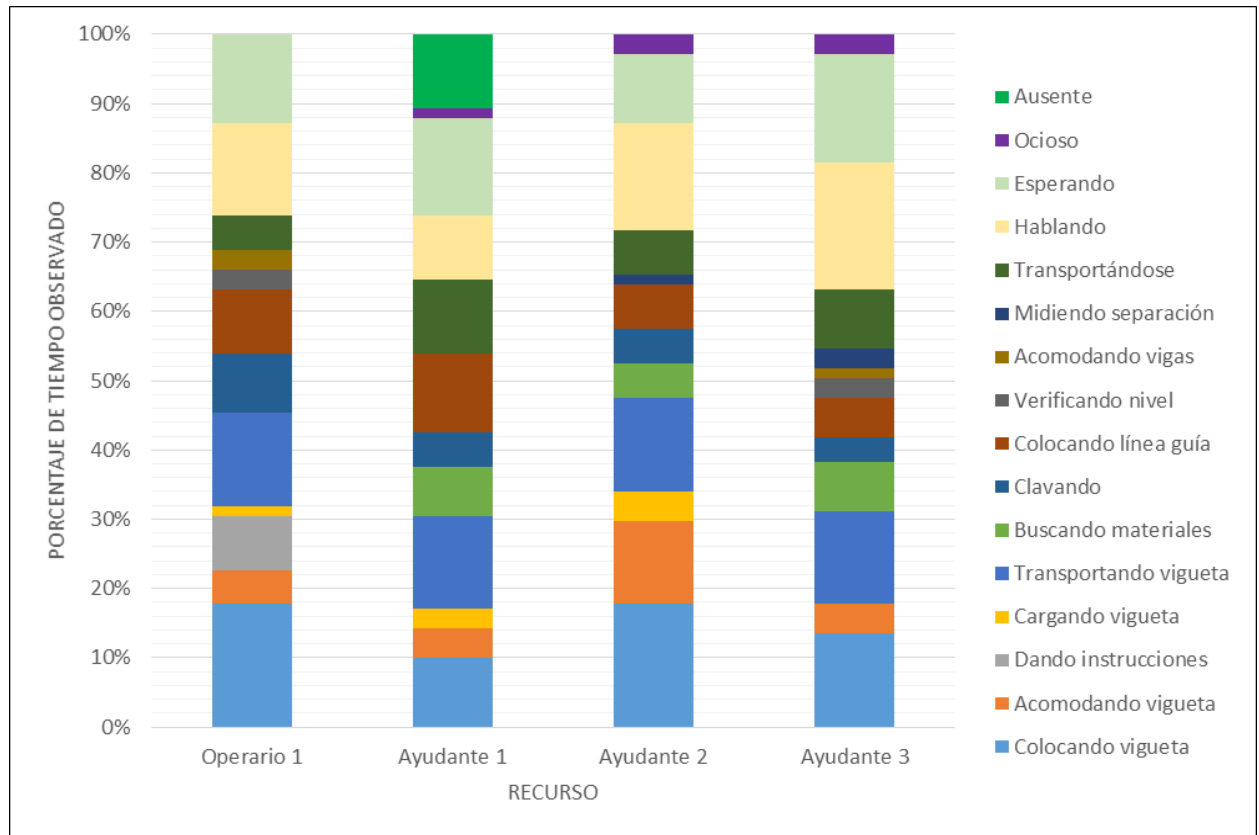


Figura 36. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de viguetas de entrepiso, muestreo 3.

RENDIMIENTO COLOCACIÓN DE VIGUETAS DE ENTREPISO

En el cuadro 12 se muestran los rendimientos obtenidos para la cuadrilla en general, expresados en horas hombre por metro cuadrado que corresponde al área tributaria de cada vigueta colocada. En el cuadro 13 un resumen de los rendimientos por categoría de trabajadores, los cuales fueron obtenidos de manera similar al

rendimiento general pero diferenciando entre cantidad de operarios y cantidad de ayudantes, el detalle de los cálculos de estos rendimientos se encuentra en el Apéndice F, y el del factor de incremento se muestra en el Apéndice E.

CUADRO 12. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:49:00	0,817	4	3,267	8,414	0,388
2	00:23:30	0,392	5	1,958	6,390	0,306
3	00:35:00	0,583	4	2,333	7,306	0,319
Rendimiento promedio						0,338
Desviación Estándar						0,044
Coeficiente de Variación						0,130
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,372

CUADRO 13. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Horas Operario)	0,110	HO/m ²
Rf (Horas Ayudante)	0,262	HA/m ²

Finalmente en la figura 37 se representa la variación que se da en el rendimiento respecto a los niveles de productividad, para cada muestreo,

de acuerdo al día, la hora y el cambio de temperatura presentado en cada uno de ellos.

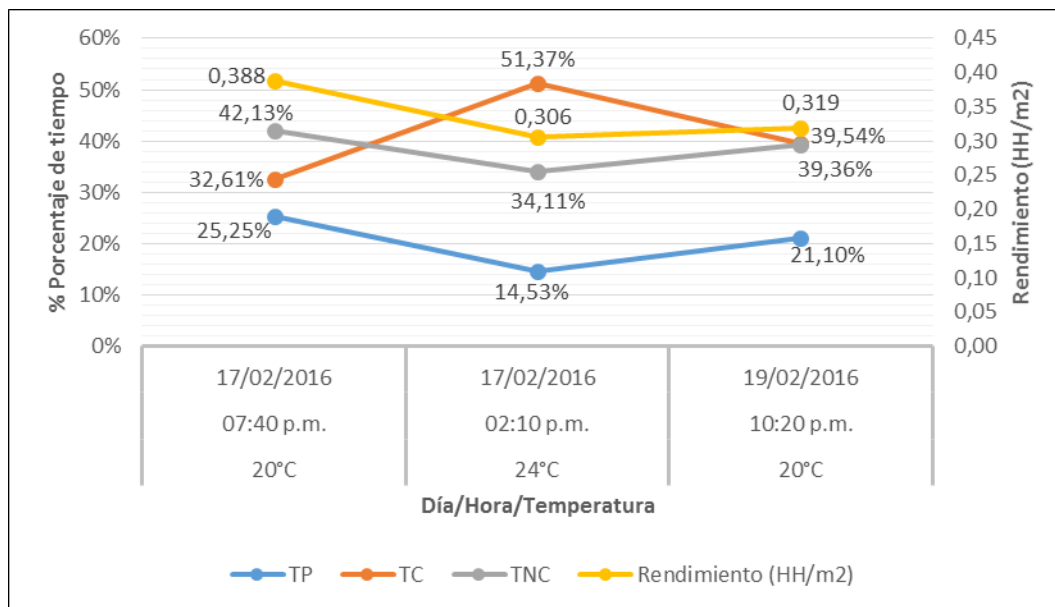


Figura 37. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de colocación de viguetas de entrepiso.

Colocación de bloques de entrepiso

En la figura 38 se presenta el diagrama de flujo del proceso de colocación de bloques de

entrepiso, se detallan las tareas necesarias para llevarlo a cabo.

Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos a partir de tres muestreos de trabajo, necesarios para realizar el análisis de productividad y rendimientos en este proceso.

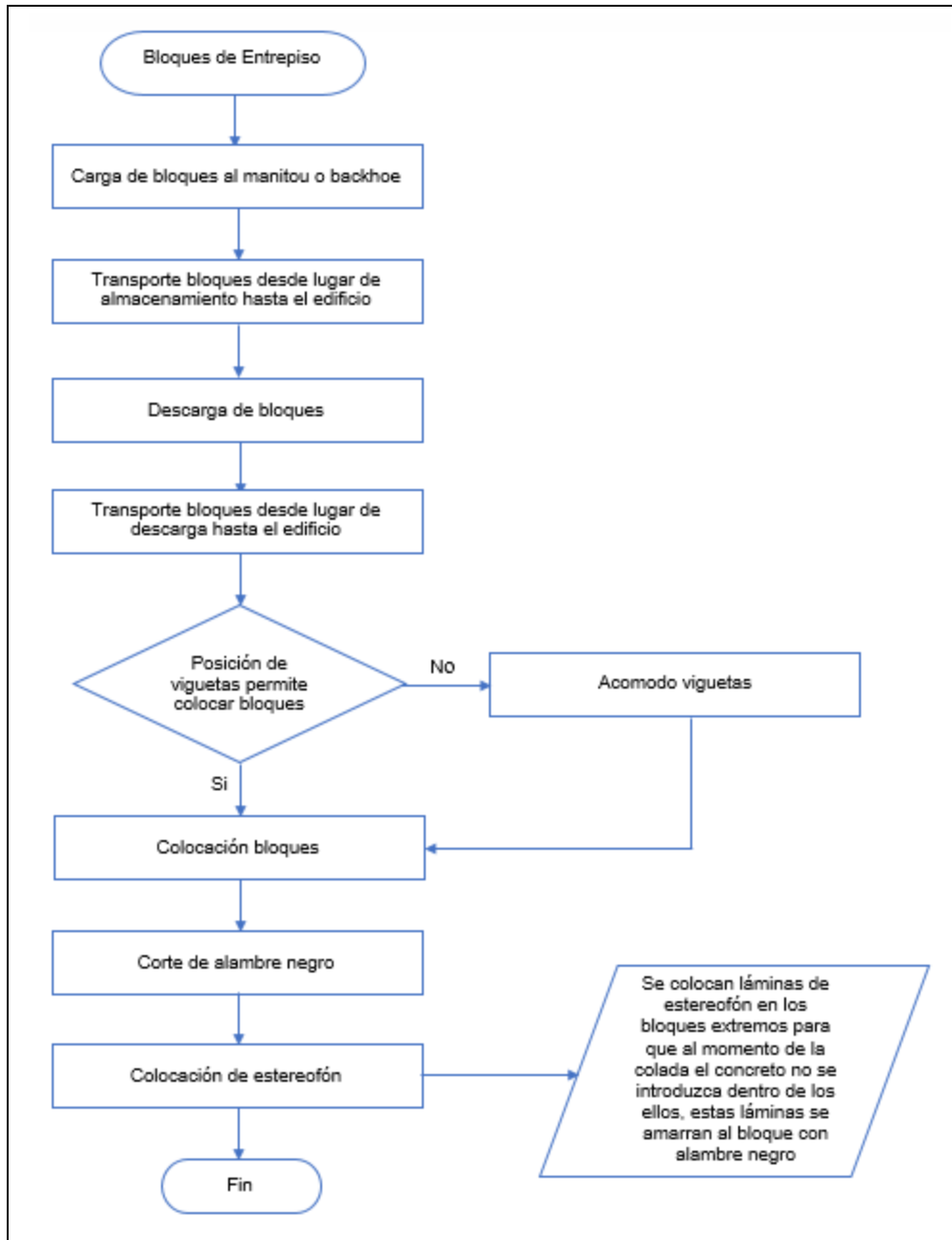


Figura 38. Diagrama de flujo para el proceso de colocación de bloques de entrepiso.

MUESTREO 1 COLOCACIÓN DE BLOQUES DE ENTREPISO

En el cuadro 14 se establece la información general de las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo este muestreo, se especifica el día en que se realizó, la hora de inicio y temperatura,

así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 14. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	16/02/2016
Hora de inicio	03:30 p.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	942
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 15 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo de trabajo, donde se puede observar que las tareas fueron las mismas durante los tres muestreos. En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 15. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloque	198	21,02%
	Colocando estereofón	9	0,96%
	Acomodando bloque	10	1,06%
TC	Acomodando vigueta	15	1,59%
	Transportando bloques	204	21,66%
	Carga de bloques	53	5,63%
	Descarga de bloques	52	5,52%
TI	Corte de alambre negro	2	0,21%
	Transportándose	174	18,47%
	Esperando	68	7,22%
	Hablando	31	3,29%
	Ocioso	29	3,08%
	Ausente	81	8,60%
	Otras labores	16	1,70%
TOTAL		942	100,00%

La figura 39 muestra los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 40 se aprecia estos niveles por cada trabajador.

En la figura 41 se presenta el tiempo empleado por trabajador en cada una de las tareas, representado en el grafico crew balance.

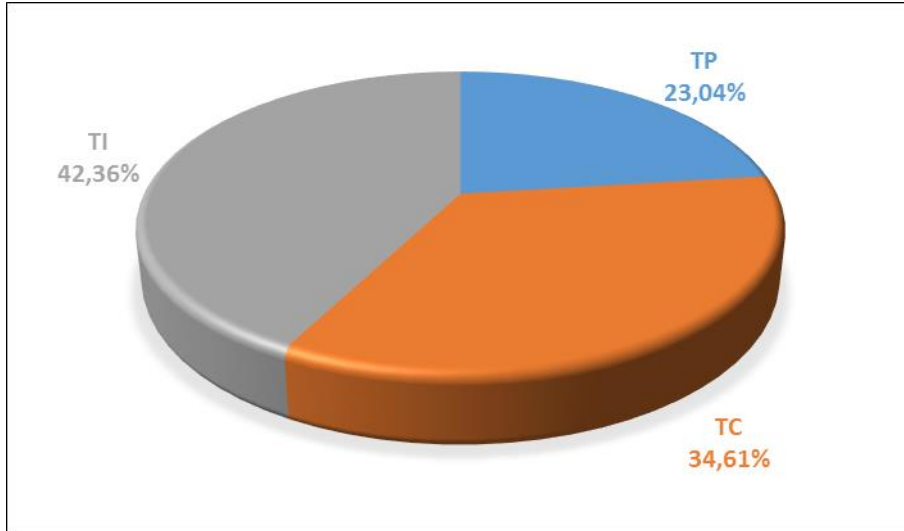


Figura 39. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de bloques de entepiso, muestreo 1.

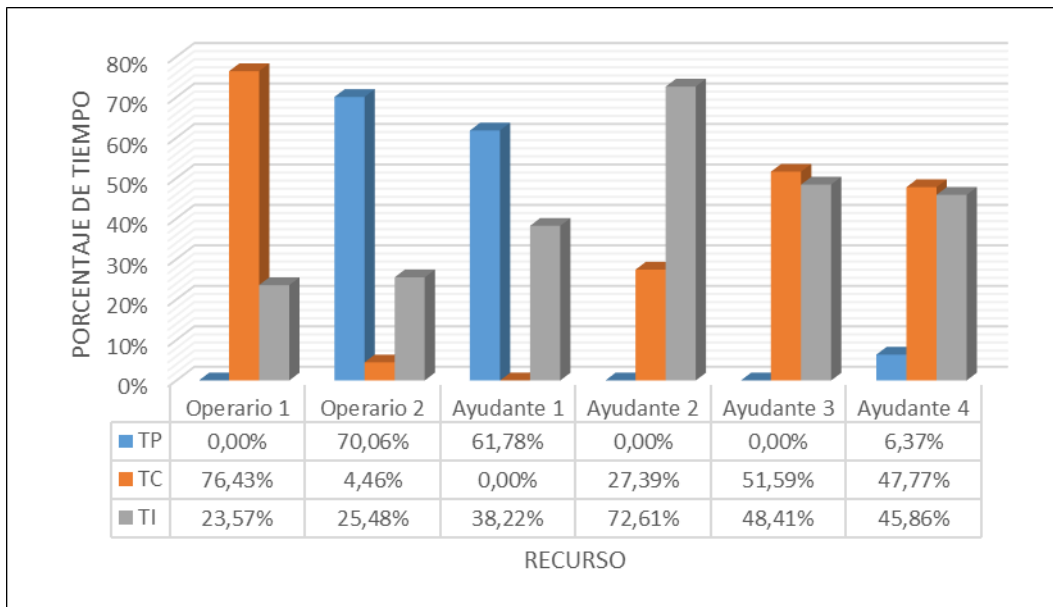


Figura 40. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de bloques de entepiso, muestreo 1.

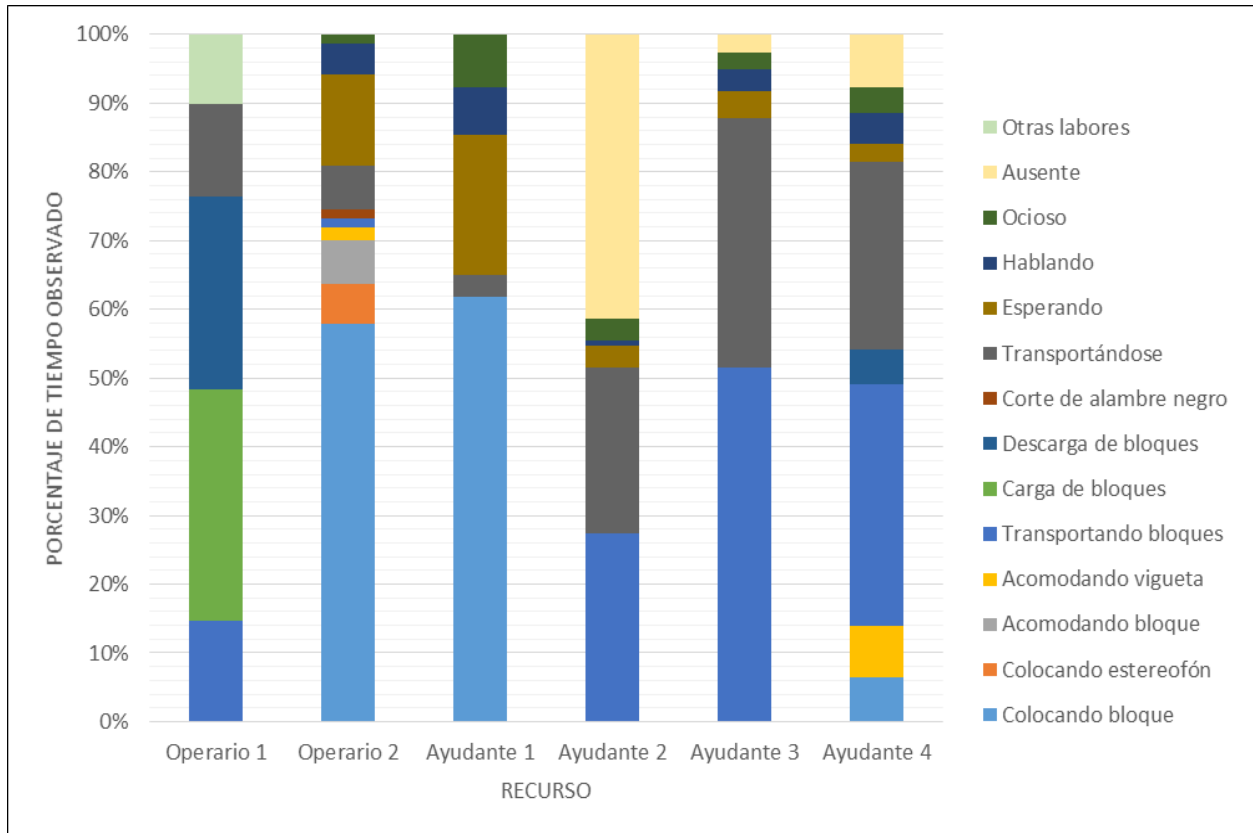


Figura 41. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de viguetas, muestreo 1.

MUESTREO 2 COLOCACIÓN DE BLOQUES DE ENTREPISO

En el cuadro 16 se establece la información general de las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo este muestreo, se especifica el día en que se realizó, la hora de inicio y temperatura,

así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 16. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/02/2016
Hora de inicio	09:50 a.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	1014
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 17 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo de trabajo, donde se puede observar que las tareas fueron las mismas durante los tres muestreos. En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 17. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloque	115	11,34%
	Colocando estereofón	79	7,79%
	Acomodando bloque	18	1,78%
TC	Acomodando vigueta	99	9,76%
	Transportando bloques	132	13,02%
	Carga de bloques	32	3,16%
	Descarga de bloques	164	16,17%
	Corte de alambre negro	8	0,79%
TI	Transportándose	76	7,50%
	Esperando	115	11,34%
	Hablando	63	6,21%
	Ocioso	68	6,71%
	Ausente	12	1,18%
	Otras labores	33	3,25%
TOTAL		1014	100,00%

La figura 42 muestra los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 43 se aprecia estos niveles por cada trabajador.

En la figura 44 se presenta el tiempo empleado por trabajador en cada una de las tareas, representado en el gráfico Crew balance.

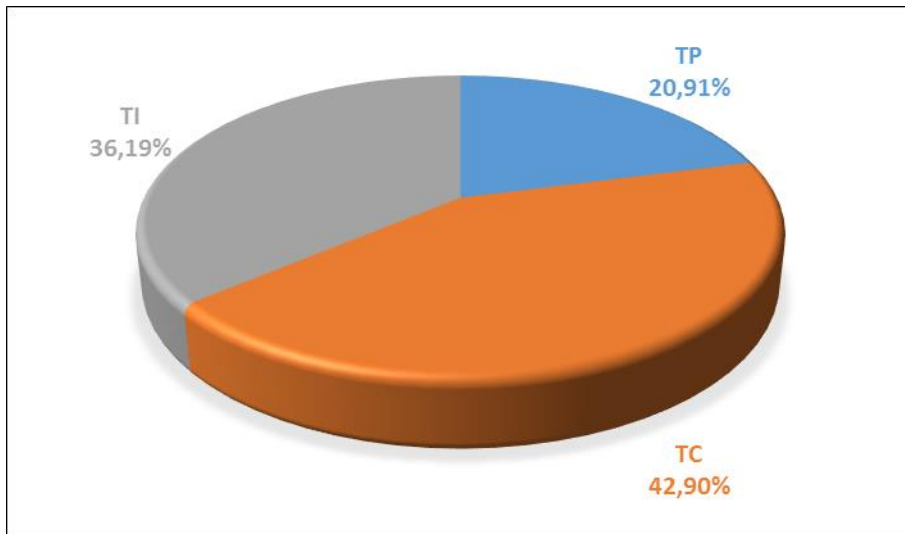


Figura 42. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de bloques de entrepiso, muestreo 2.

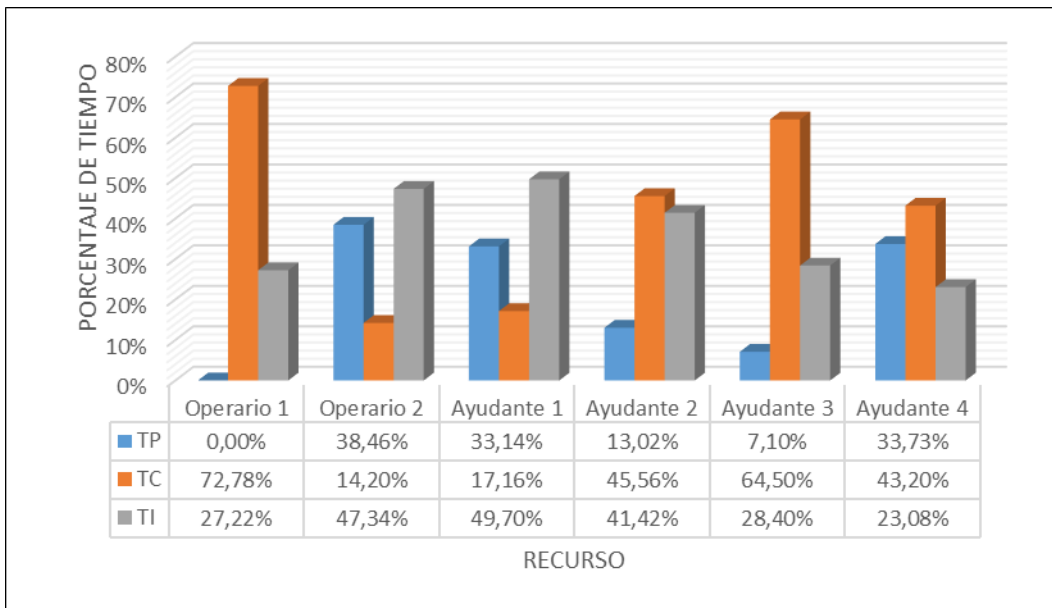


Figura 43. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de bloques de entrepiso, muestreo 2.

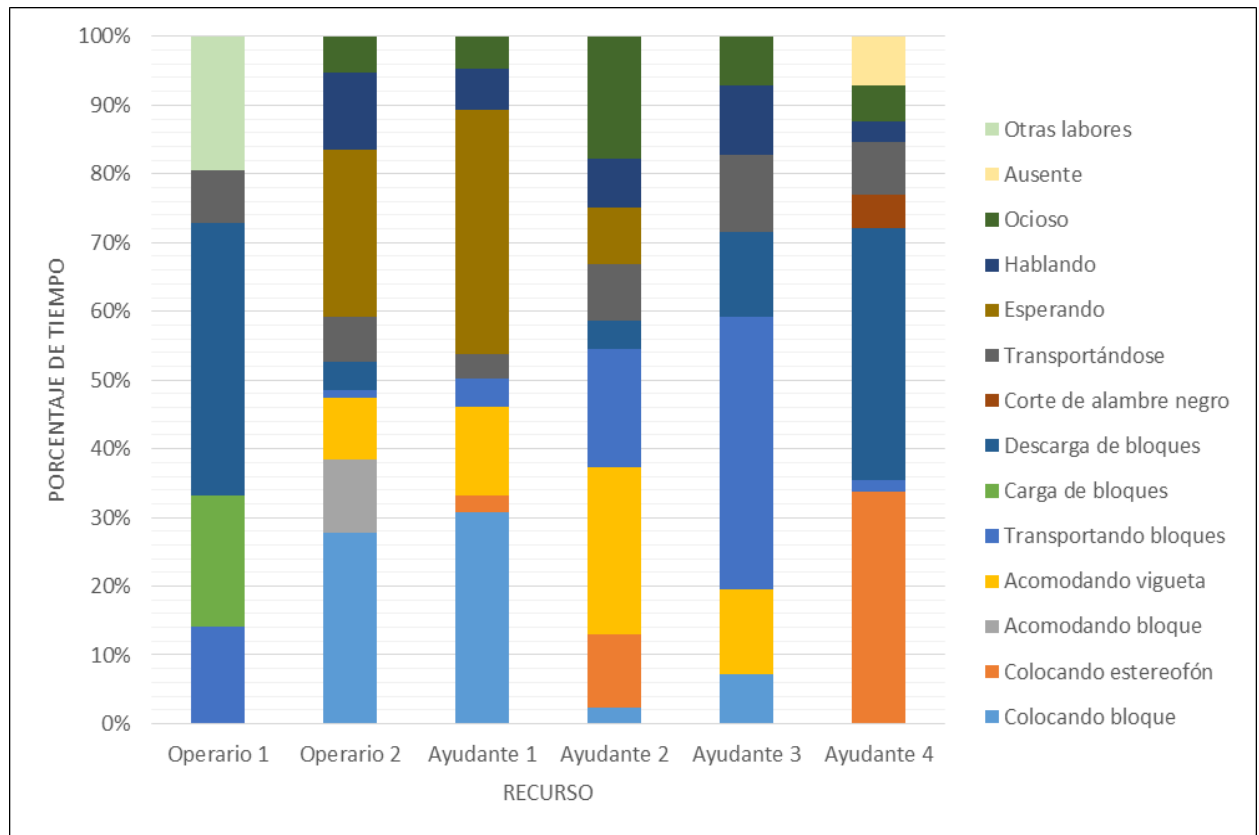


Figura 44. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de bloques de entrepiso, muestreo 2.

MUESTREO 3 COLOCACIÓN DE BLOQUES DE ENTREPISO

En el cuadro 18 se establece la información general de las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo este muestreo, se especifica el día en que se realizó, la hora de inicio y temperatura,

así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 18. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	18/02/2016
Hora de inicio	07:50 a.m.
Temperatura	20 °C
Total de observaciones	972
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 19 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo de trabajo, donde se puede observar que las tareas fueron las mismas durante los tres muestreos. En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 19. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloque	141	14,51%
	Colocando estereofón	225	23,15%
	Acomodando bloque	4	0,41%
TC	Acomodando vigueta	14	1,44%
	Transportando bloques	108	11,11%
	Carga de bloques	52	5,35%
	Descarga de bloques	129	13,27%
	Corte de alambre negro	30	3,09%
TI	Transportándose	93	9,57%
	Esperando	59	6,07%
	Hablando	55	5,66%
	Ocioso	41	4,22%
	Ausente	18	1,85%
	Otras labores	3	0,31%
TOTAL		972	100,00%

La figura 45 muestra los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 46 se aprecia estos niveles por cada trabajador.

En la figura 47 se presenta el tiempo empleado por trabajador en cada una de las tareas, representado en el gráfico Crew balance.

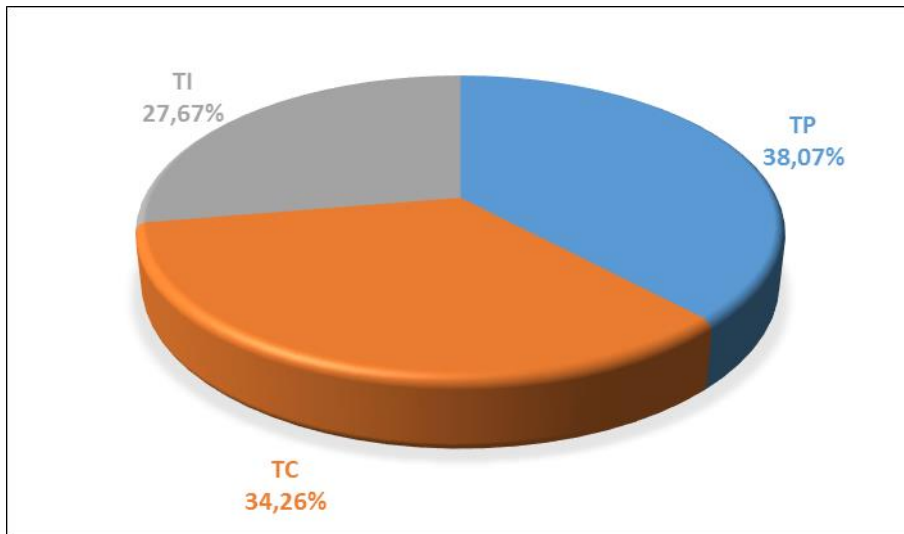


Figura 45. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de bloques de entepiso, muestreo 3.

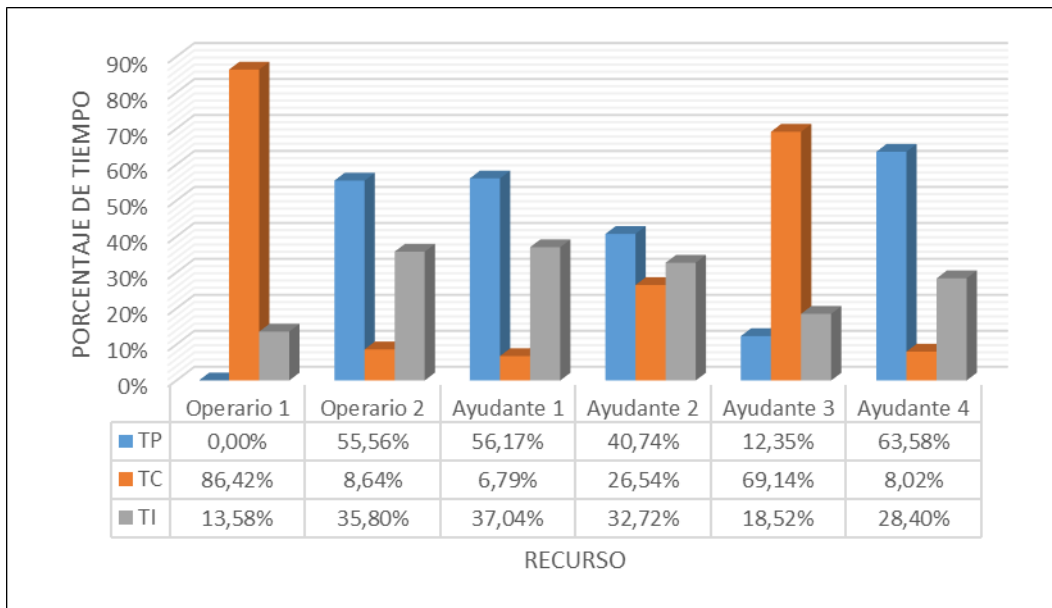


Figura 46. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de bloques de entepiso, muestreo 3.

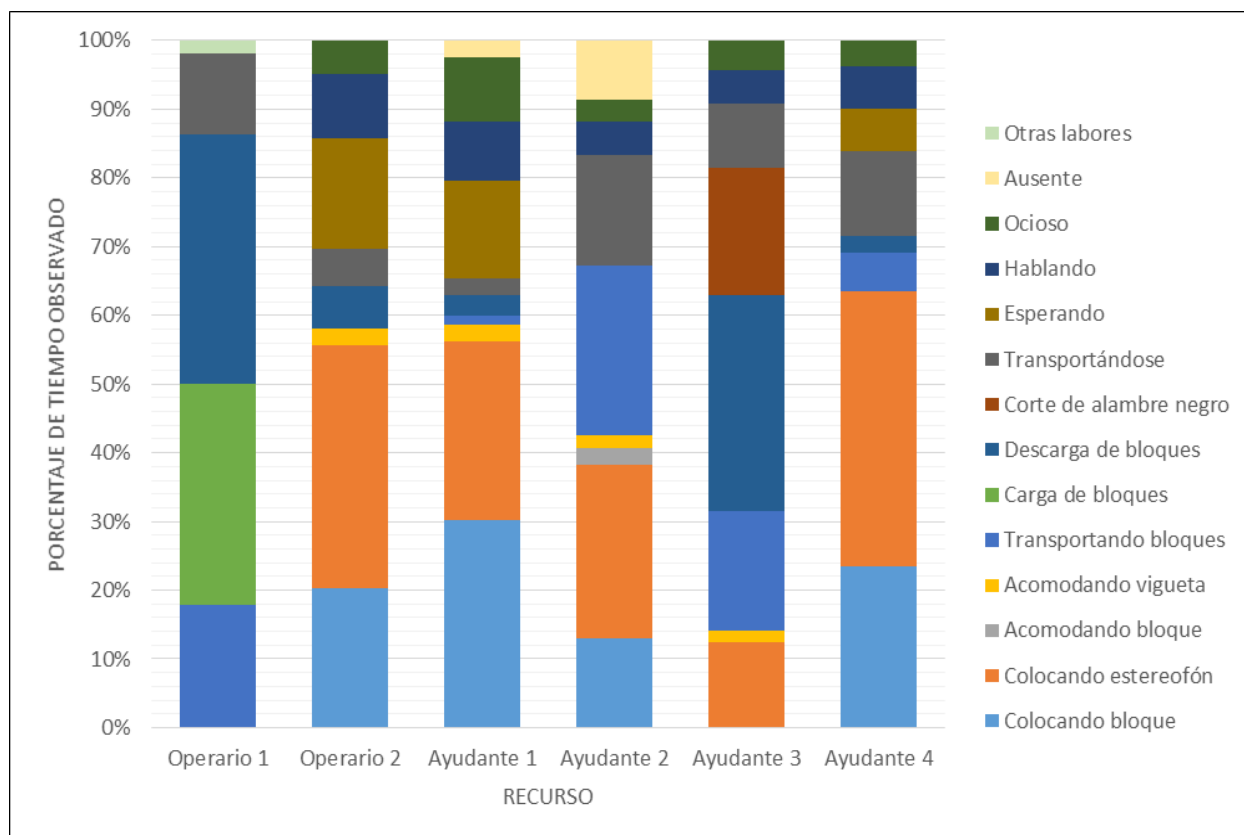


Figura 47. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de bloques de entepiso, muestreo 3.

RENDIMIENTO COLOCACIÓN DE BLOQUES DE ENTREPISO

En el cuadro 20 se tiene el rendimiento general para este proceso en horas hombre por metro cuadrado correspondiente al área total de

bloques colocados, expresado en el cuadro 21 en horas operario y horas ayudante, detallados en el Apéndice F.

CUADRO 20. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:39:00	0,650	6	3,900	23,191	0,168
2	00:42:00	0,700	6	4,200	10,339	0,406
3	00:40:15	0,671	6	4,025	16,730	0,241
Rendimiento promedio						0,272
Desviación Estándar						0,122
Coeficiente de Variación						0,449
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,299

CUADRO 21. RESÚMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE

Rf (Operario)	0,100	HO/m ²
Rf (Ayudante)	0,199	HA/m ²

Finalmente en la figura 48 se representa la variación que se da en el rendimiento respecto a los niveles de productividad, para cada muestreo,

de acuerdo al día, la hora y el cambio de temperatura presentado en cada uno de ellos.

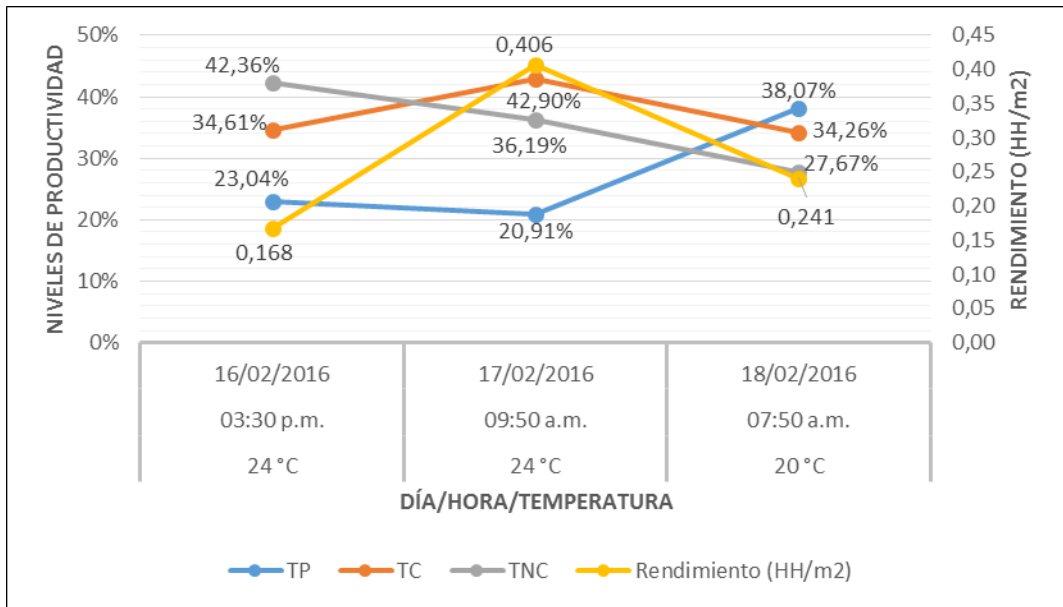


Figura 48. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de colocación de bloques de entrepiso.

Colocación de acero de refuerzo

En la figura 49 se muestra el diagrama de flujo para el proceso de colocación de acero de refuerzo, en donde se detallan sus tareas.

Posteriormente se muestran los resultados obtenidos a partir de tres muestreos de trabajo, necesarios para realizar el análisis de productividad y rendimientos en este proceso.

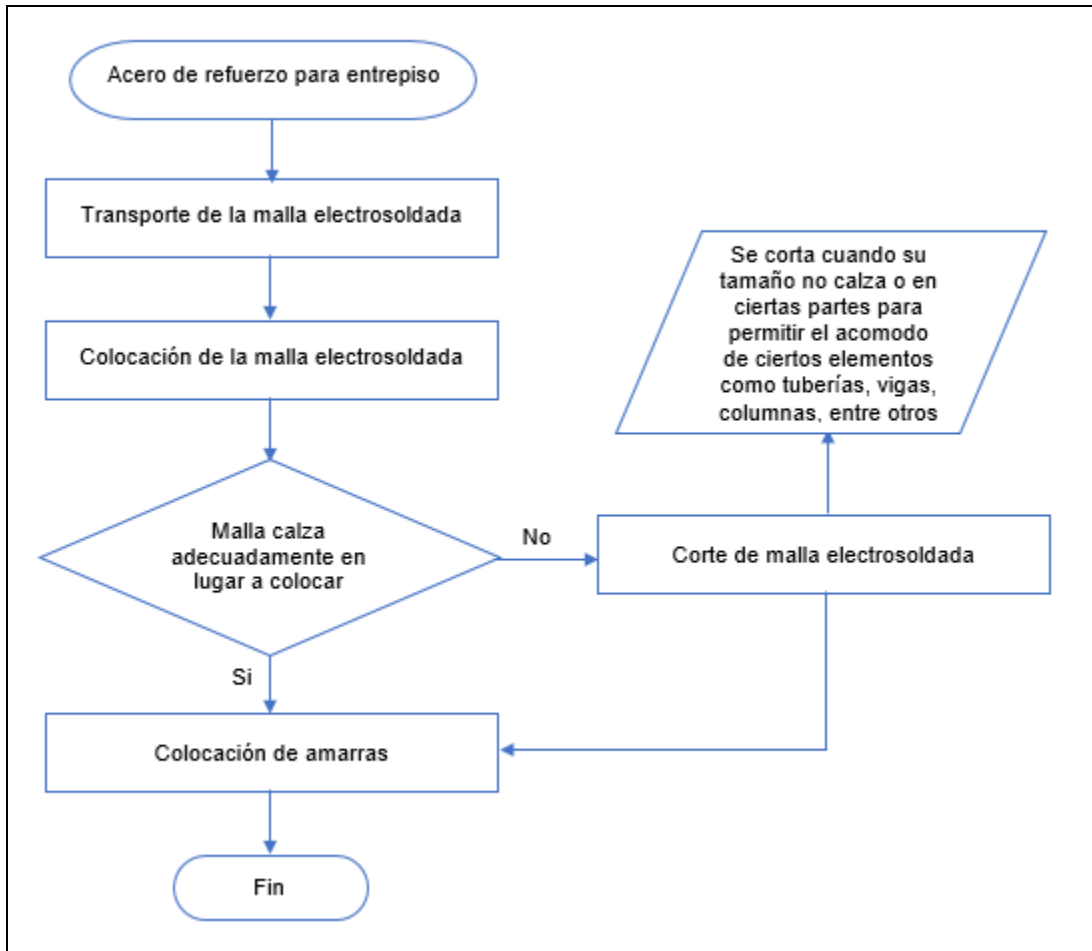


Figura 49. Diagrama de flujo para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entepiso.

MUESTREO 1 COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO PARA ENTREPISO

En el cuadro 22 se muestran los detalles generales de la realización de este primer muestreo para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entepiso, se especifica el día en

que se realizó, la hora de inicio y temperatura, así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 22. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	18/02/2016
Hora de inicio	07:55 a.m.
Temperatura	20 °C
Total de observaciones	388
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 23 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este primer muestreo, y que se mantuvieron constantes de un muestreo a otro.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 23. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando malla	96	24,74%
	Colocando amarras	121	31,19%
	Cortando malla	22	5,67%
TC	Transportando malla	19	4,90%
	Sosteniendo malla	20	5,15%
TI	Transportándose	38	9,79%
	Hablando	38	9,79%
	Esperando	23	5,93%
	Ocioso	11	2,84%
TOTAL		388	100,00%

En la figura 50 se muestran los niveles de productividad obtenidos de este muestreo para el proceso general y en la figura 51 se detallan estos niveles de acuerdo al tipo de trabajador.

El grafico de crew balance, de acuerdo a cada tipo de trabajador y con porcentajes de tiempo acumulados, se muestra en las figura 52.

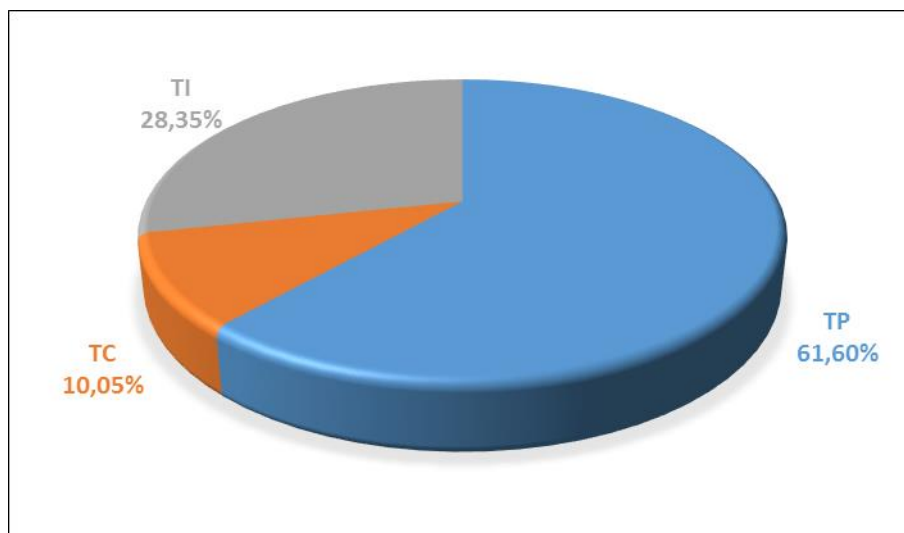


Figura 50. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, muestreo 1.

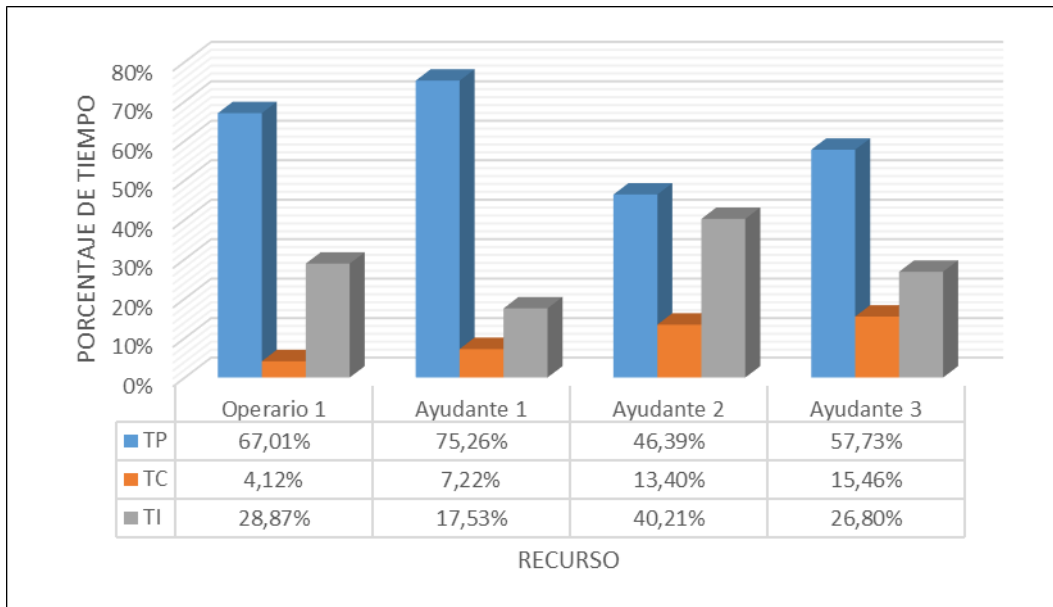


Figura 51. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, muestreo 1.

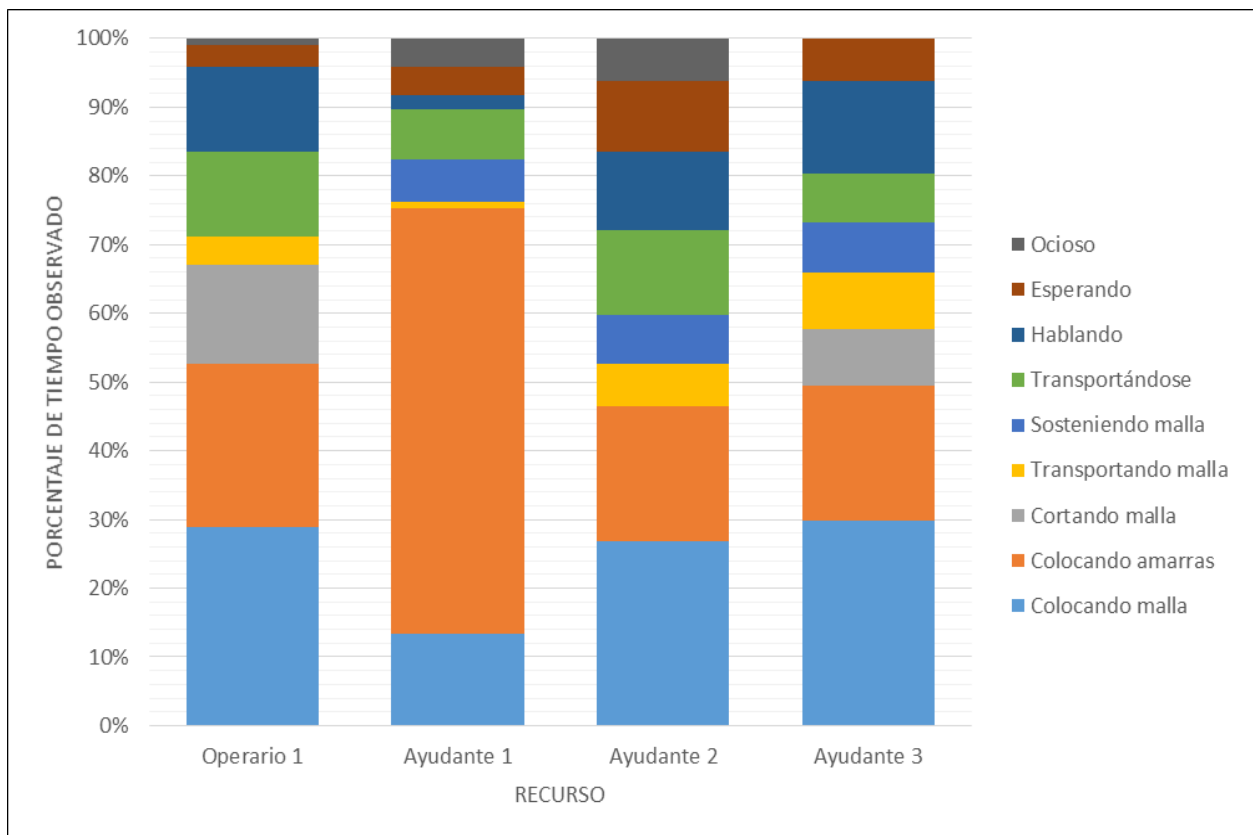


Figura 52. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, muestreo 1.

MUESTREO 2

COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO PARA ENTREPISO

En el cuadro 24 se muestran los detalles generales de la realización de este segundo muestreo para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, se especifica el día en

que se realizó, la hora de inicio y temperatura, así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 24. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	22/02/2016
Hora de inicio	10:00 a.m.
Temperatura	28 °C
Total de observaciones	488
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 25 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este segundo muestreo, y que se mantuvieron constantes de un muestreo a otro.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 25. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando malla	131	26,84%
	Colocando amarras	133	27,25%
	Cortando malla	24	4,92%
TC	Transportando malla	35	7,17%
	Sosteniendo malla	40	8,20%
TI	Transportándose	66	13,52%
	Hablando	12	2,46%
	Esperando	32	6,56%
	Ocioso	15	3,07%
TOTAL		488	100,00%

En la figura 53 se muestran los niveles de productividad obtenidos de este muestreo para el proceso general y en la figura 54 se detallan estos niveles de acuerdo al tipo de trabajador.

El gráfico de Crew balance, de acuerdo a cada tipo de trabajador y con porcentajes de tiempo acumulados, se muestra en la figura 55.

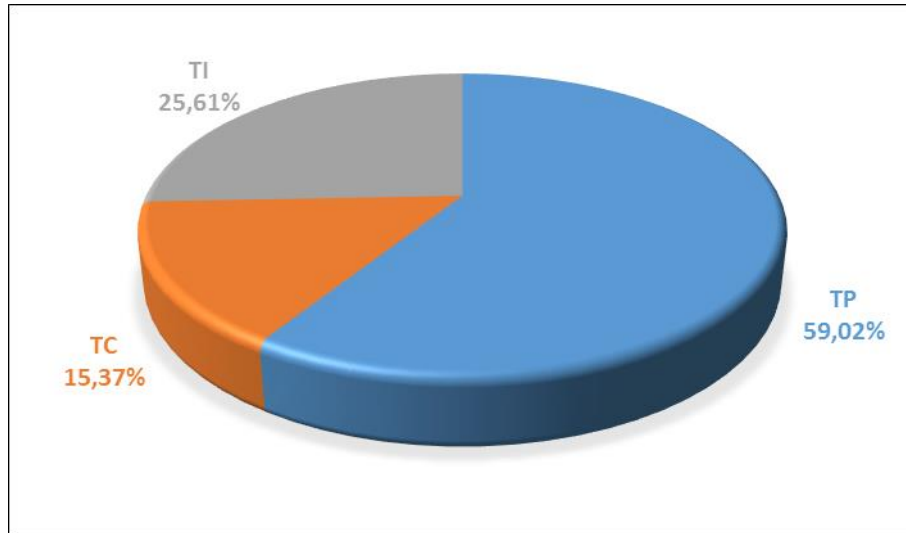


Figura 53. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entripado, muestreo 2.

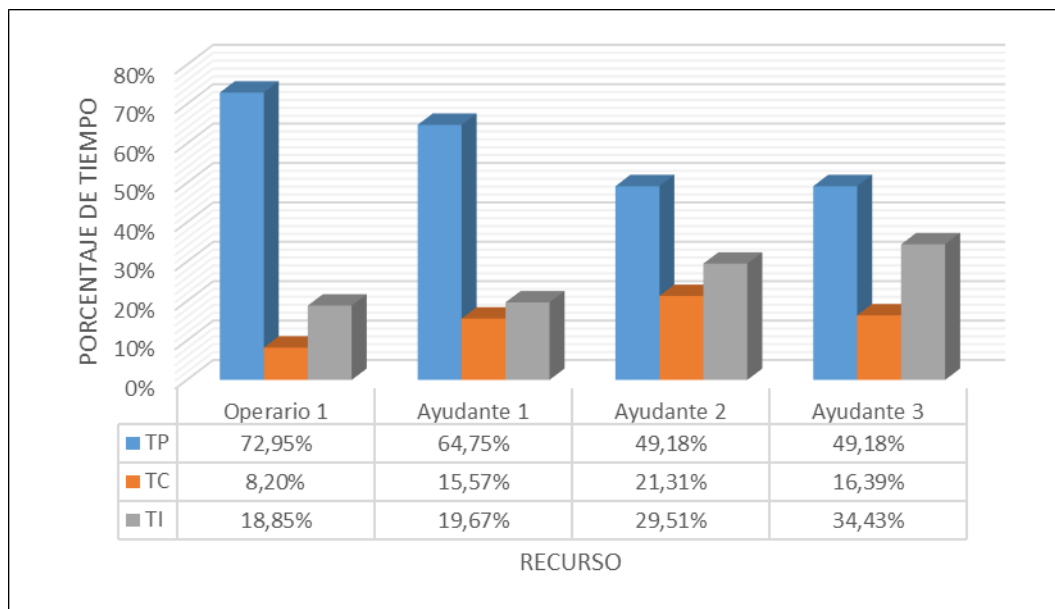


Figura 54. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entripado, muestreo 2.

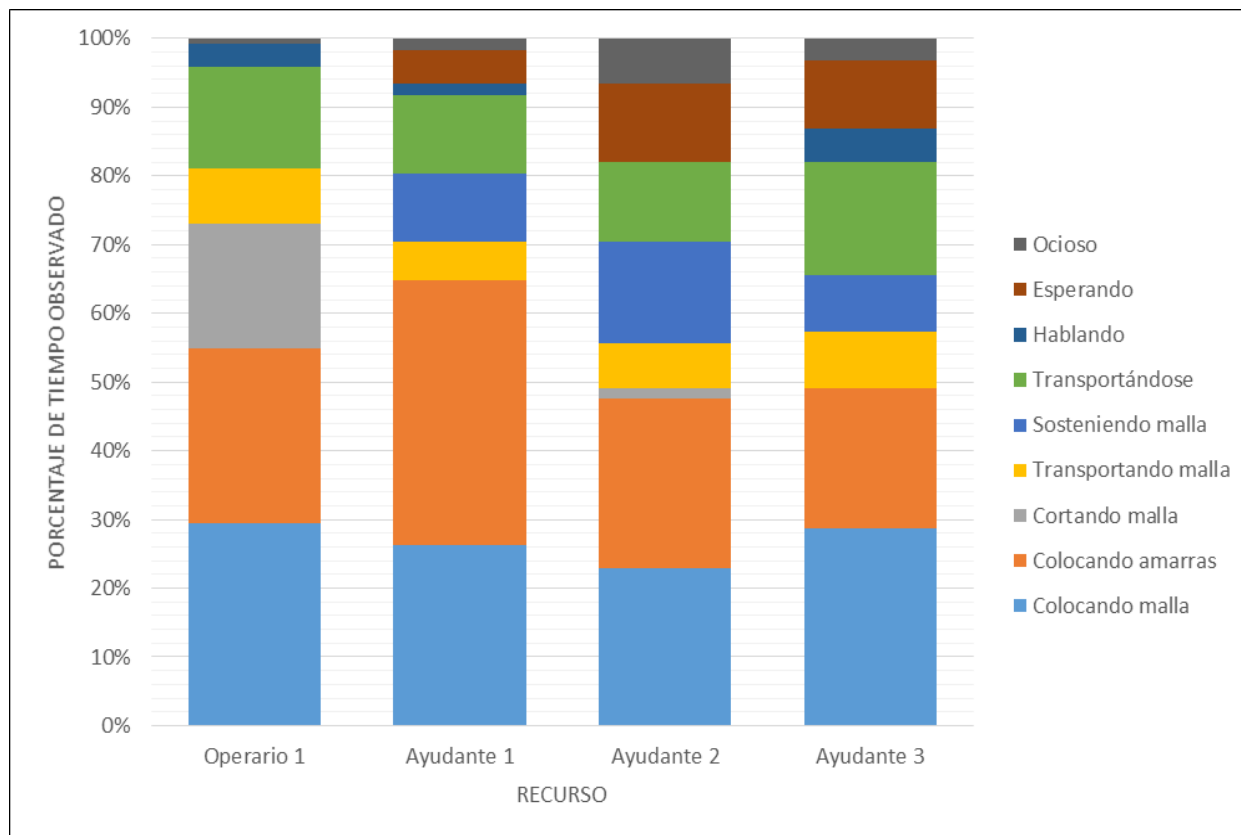


Figura 55. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, muestreo 2.

MUESTREO 3

COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO PARA ENTREPISO

En el cuadro 26 se muestran los detalles generales de la realización de este tercer muestreo para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso, se especifica el día en

que se realizó, la hora de inicio y temperatura, así como la cantidad de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 26. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	22/02/2016
Hora de inicio	04:00 p.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	388
Frecuencia	Cada 15 segundos

El cuadro 27 desglosa las tareas realizadas por los trabajadores durante este tercer muestreo, y que se mantuvieron constantes de un muestreo a otro.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 27. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando malla	52	13,40%
	Colocando amarras	121	31,19%
	Cortando malla	2	0,52%
TC	Transportando malla	42	10,82%
	Sosteniendo malla	2	0,52%
TI	Transportándose	75	19,33%
	Hablando	42	10,82%
	Esperando	30	7,73%
	Ocioso	12	3,09%
	Ausente	10	2,58%
TOTAL		388	100,00%

En la figura 56 se muestran los niveles de productividad obtenidos de este muestreo para el proceso general y en la figura 57 se detallan estos niveles de acuerdo al tipo de trabajador.

El gráfico de Crew balance, de acuerdo a cada tipo de trabajador y con porcentajes de tiempo acumulados, se muestra en la figura 58.

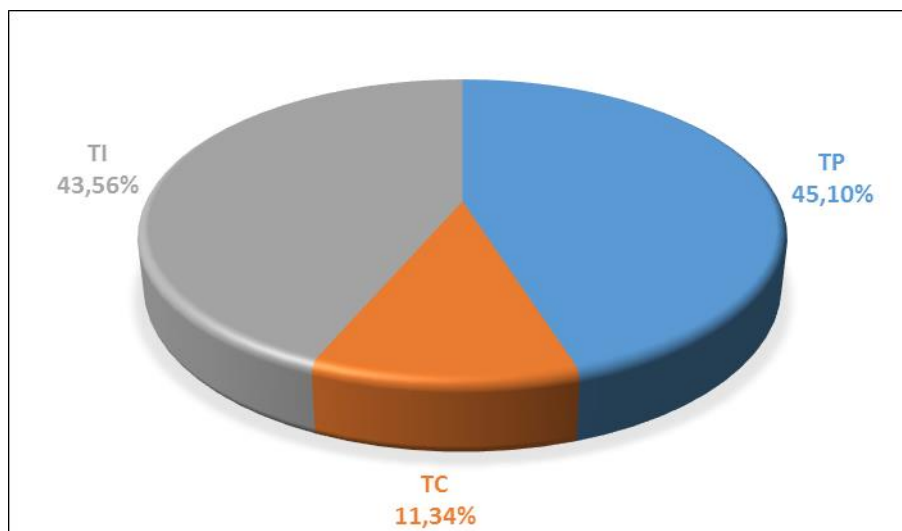


Figura 56. Niveles productividad observados en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entepiso, muestreo 3.

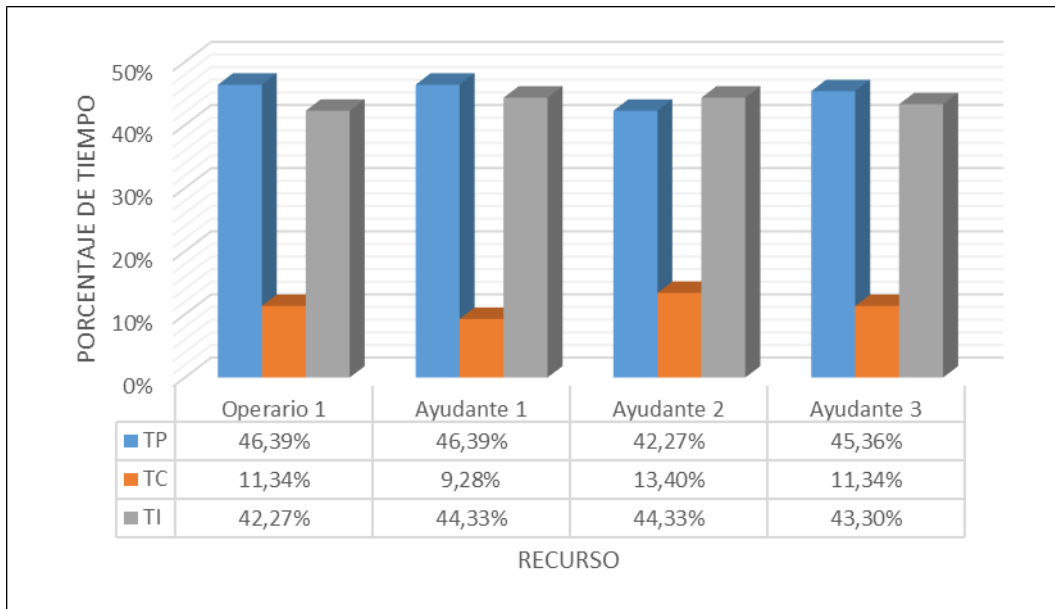


Figura 57. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entepiso, muestreo 3.

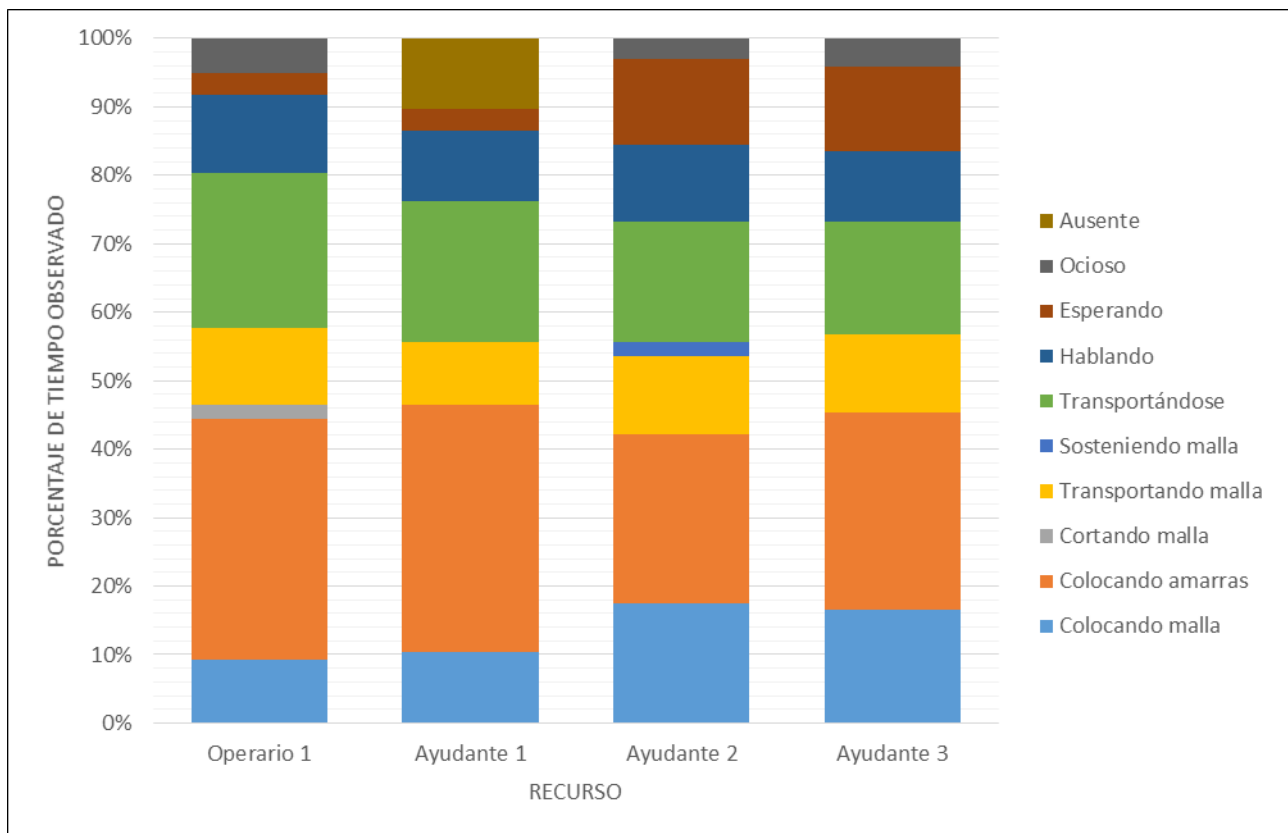


Figura 58. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación de acero de refuerzo para entepiso, muestreo 3.

RENDIMIENTO COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO PARA ENTREPISO

El cuadro 28 corresponde al rendimiento general obtenido para este proceso en horas hombre por metro cuadrado de área total de malla colocada,

representado como horas operario y horas ayudante en el cuadro 29 el cual se encuentra detallado en el Apéndice F.

CUADRO 28. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:24:00	0,400	4	1,600	54,900	0,029
2	00:30:15	0,504	4	2,017	54,900	0,037
3	00:24:00	0,400	4	1,600	54,900	0,029
Rendimiento promedio						0,032
Desviación Estándar						0,004
Coeficiente de Variación						0,138
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,035

CUADRO 29. RESÚMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	0,009	HO/m ²
Rf (Ayudante)	0,026	HA/m ²

Por último se muestra gráficamente, en la figura 59, la variación del rendimiento general con los niveles de productividad obtenidos de cada

muestreo, de acuerdo al día, la hora y el cambio de temperatura

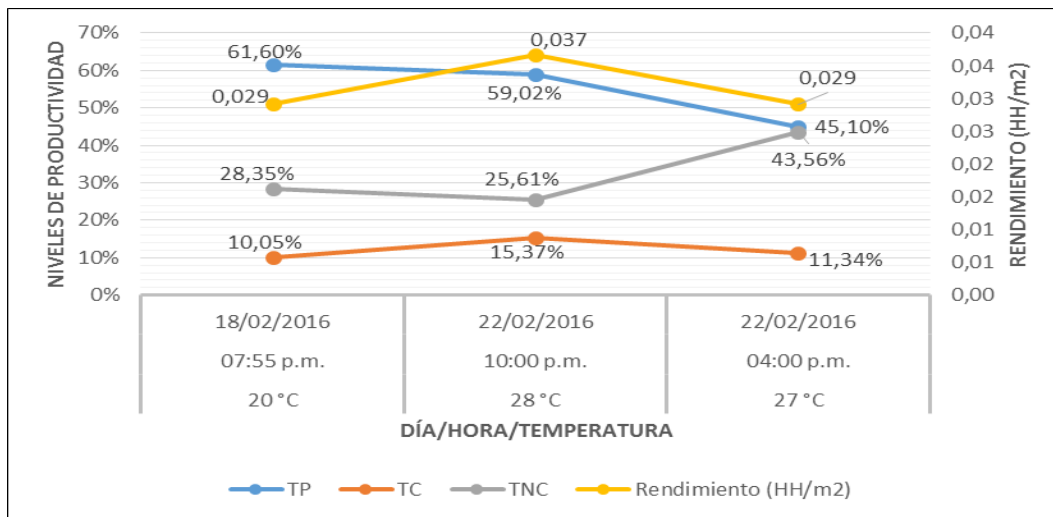
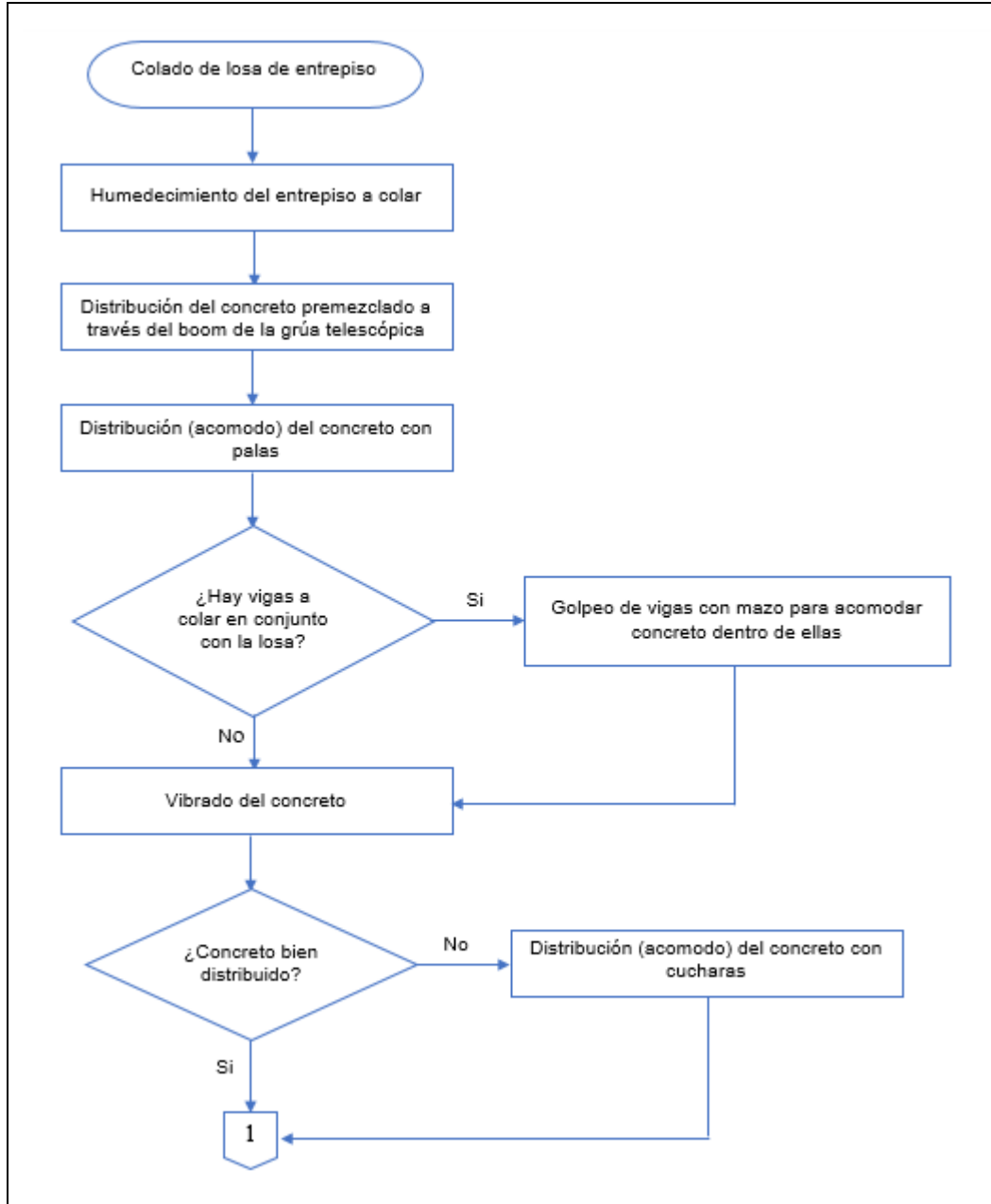


Figura 59. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de colocación de acero de refuerzo para entrepiso.

Colado de la losa

Para el colado de la losa de entrepiso, se muestra el diagrama de flujo, con las tareas necesarias para llevarlo a cabo, en la figura 60.

Posteriormente se muestran los resultados obtenidos a partir de tres muestreos de trabajo, necesarios para realizar el análisis de productividad y rendimientos en este proceso.



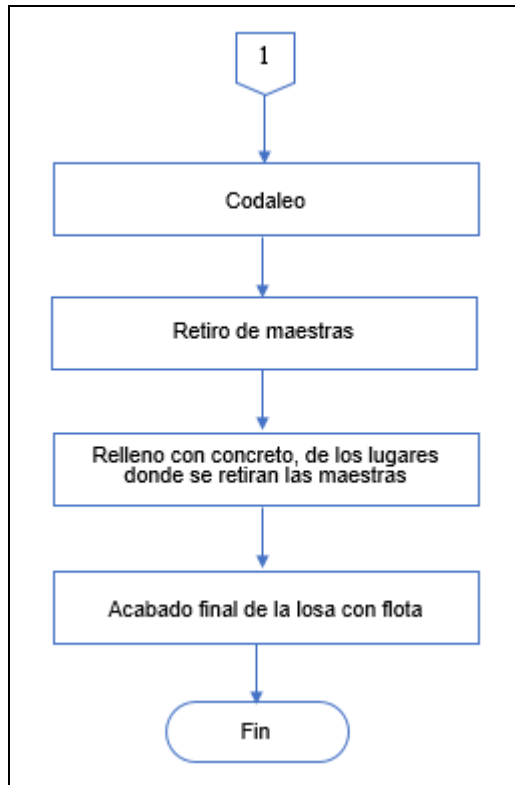


Figura 60. Diagrama de flujo para el proceso de colado de losa de entrepiso.

MUESTREO 1 COLADO DE LA LOSA DE ENTREPISO

El cuadro 30 corresponde a la información general sobre las características bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, perteneciente a

día de realización, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 30. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	26/02/2016
Hora de inicio	02:20 p.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	1248
Frecuencia	Cada 15 segundos

Las tareas que llevaron a cabo los trabajadores durante este muestreo se presentan en el cuadro 31, con su respectivo porcentaje de tiempo en que fueron observadas.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 31. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Distribuyendo concreto	49	3,93%
	Vibrando	131	10,50%
	Cuchareando	22	1,76%
	Codaleando	44	3,53%
	Paleando	72	5,77%
TC	Golpeando vigas	82	6,57%
	Humedeciendo	96	7,69%
	Sosteniendo vibrador	130	10,42%
TI	Transportándose	28	2,24%
	Hablando	4	0,32%
	Esperando	517	41,43%
	Ocioso	1	0,08%
	Ausente	72	5,77%
TOTAL		1248	100,00%

La figura 61 corresponde a los niveles de productividad general del proceso obtenidos en durante este muestreo de trabajo, en la figura 62, se detallan estos niveles para cada uno de los trabajadores.

El gráfico Crew balance, donde se puede observar la cantidad de tiempo que emplearon los trabajadores en cada una de las tareas se encuentra en la figura 63.

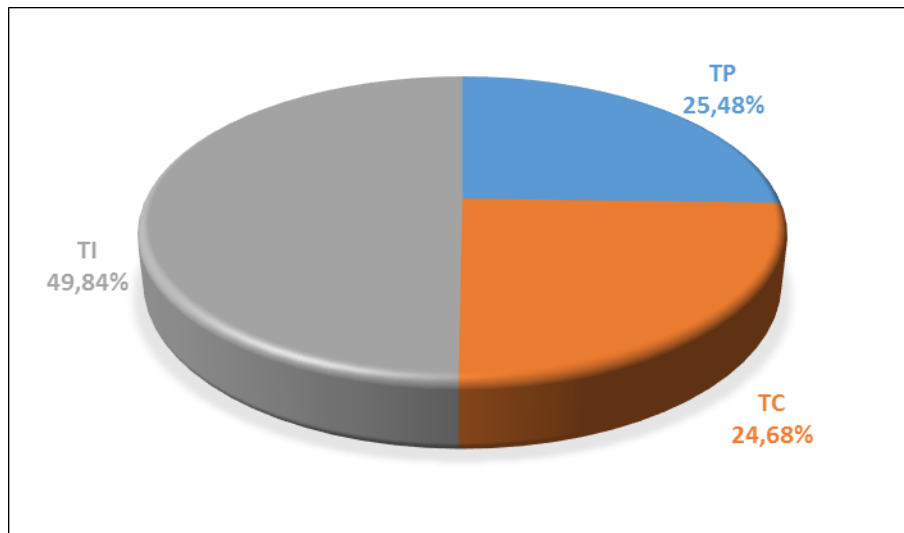


Figura 61. Niveles productividad observados en el proceso de colado de losa de entrepiso, muestreo 1.

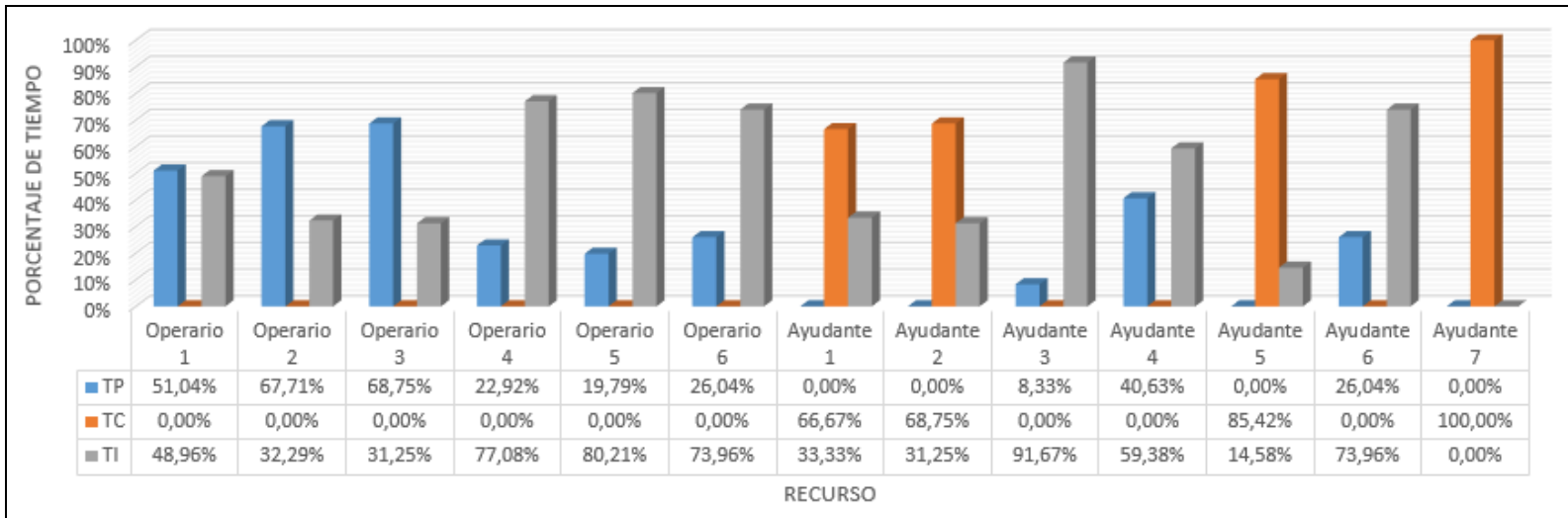


Figura 62. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colado de la losa de entripiso, muestreo 1.

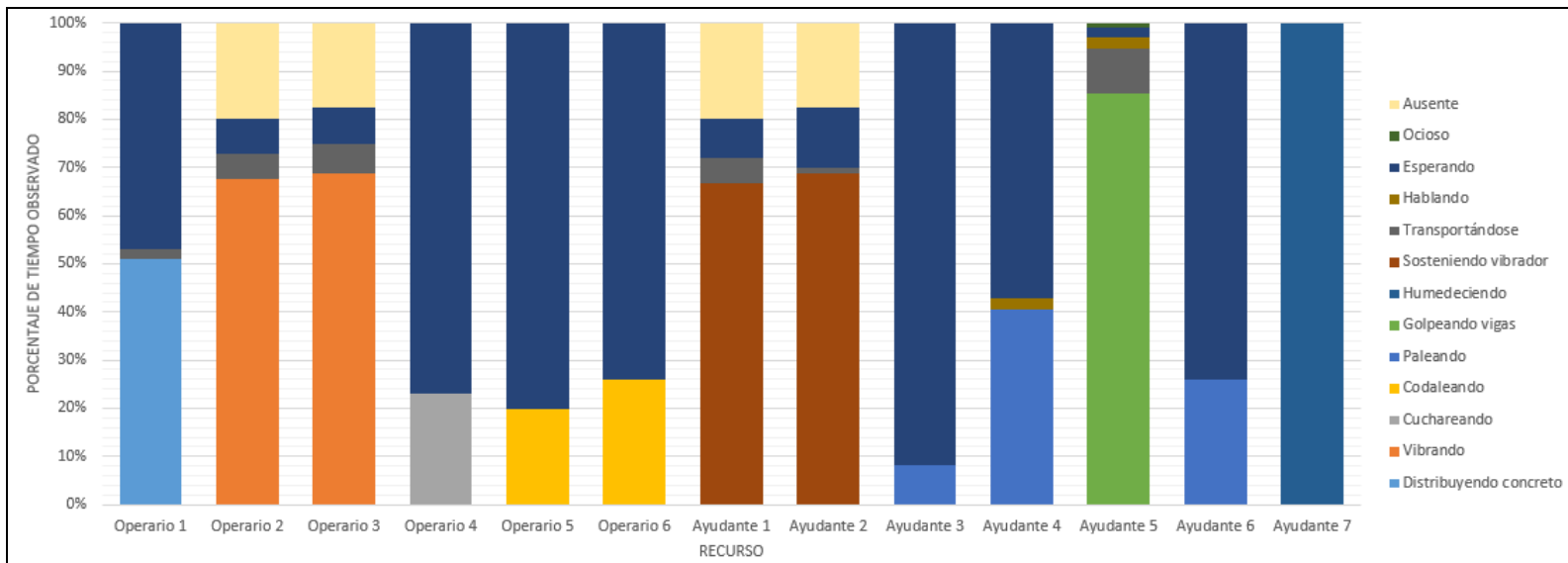


Figura 63. Gráfico Crew balance para el proceso de colado de la losa de entripiso, muestreo 1.

MUESTREO 2 COLADO DE LA LOSA

El cuadro 32 corresponde a la información general sobre las características bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, perteneciente a

día de realización, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 32. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	26/02/2016
Hora de inicio	03:30 p.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	1586
Frecuencia	Cada 15 segundos

Las tareas que llevaron a cabo los trabajadores durante este muestreo se presentan en el cuadro 33, con su respectivo porcentaje de tiempo en que fueron observadas.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 33. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Distribuyendo concreto	61	3,85%
	Vibrando	169	10,66%
	Cuchareando	113	7,12%
	Codaleando	149	9,39%
	Paleando	283	17,84%
	Pasando flota	22	1,39%
	Quitando maestras	17	1,07%
	Rellenando	18	1,13%
TC	Humedeciendo	122	7,69%
	Sosteniendo vibrador	173	10,91%
TI	Transportándose	39	2,46%
	Hablando	33	2,08%
	Esperando	284	17,91%
	Ocioso	30	1,89%
	Ausente	73	4,60%
TOTAL		1586	100,00%

La figura 64 corresponde a los niveles de productividad general del proceso obtenidos en durante este muestreo de trabajo, en la figura 65, se detallan estos niveles para cada uno de los trabajadores.

El gráfico Crew balance, donde se puede observar la cantidad de tiempo que emplearon los trabajadores en cada una de las tareas se encuentra en la figura 66.

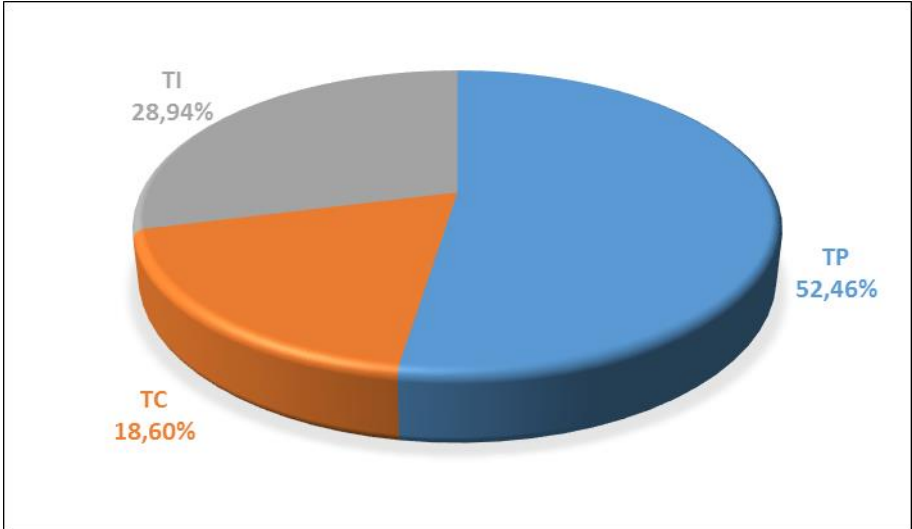


Figura 64. Niveles productividad observados en el proceso de colado de losa de entrepiso, muestreo 2.

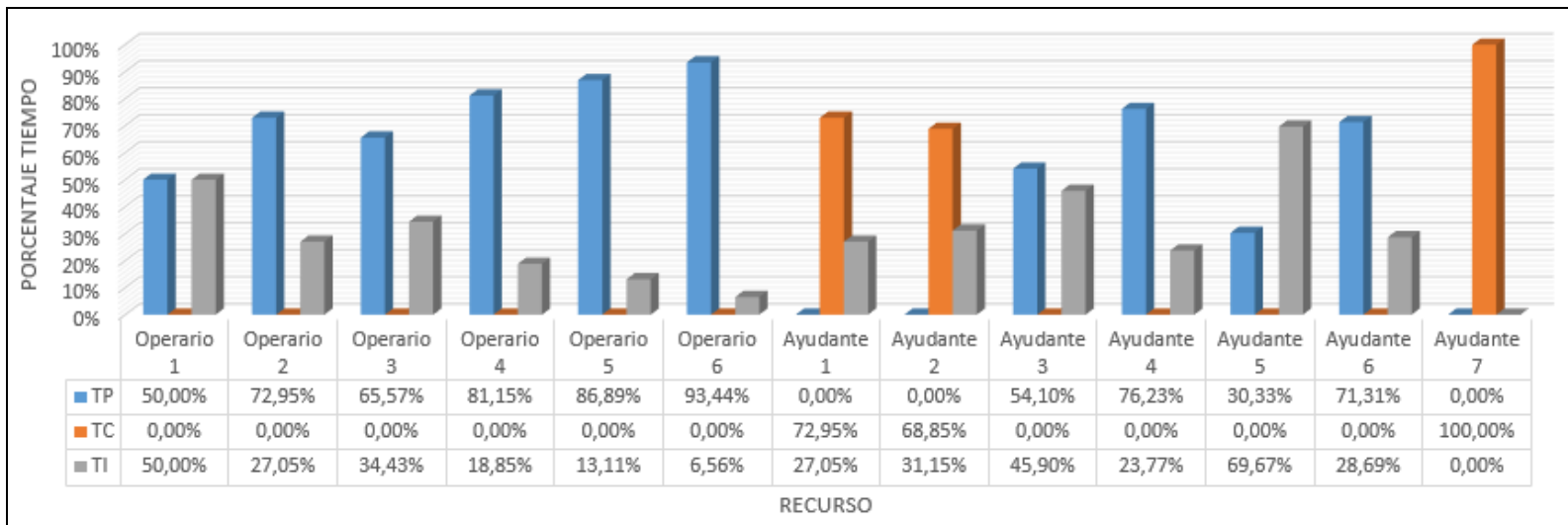


Figura 65. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colado de la losa de entripiso, muestreo 2.

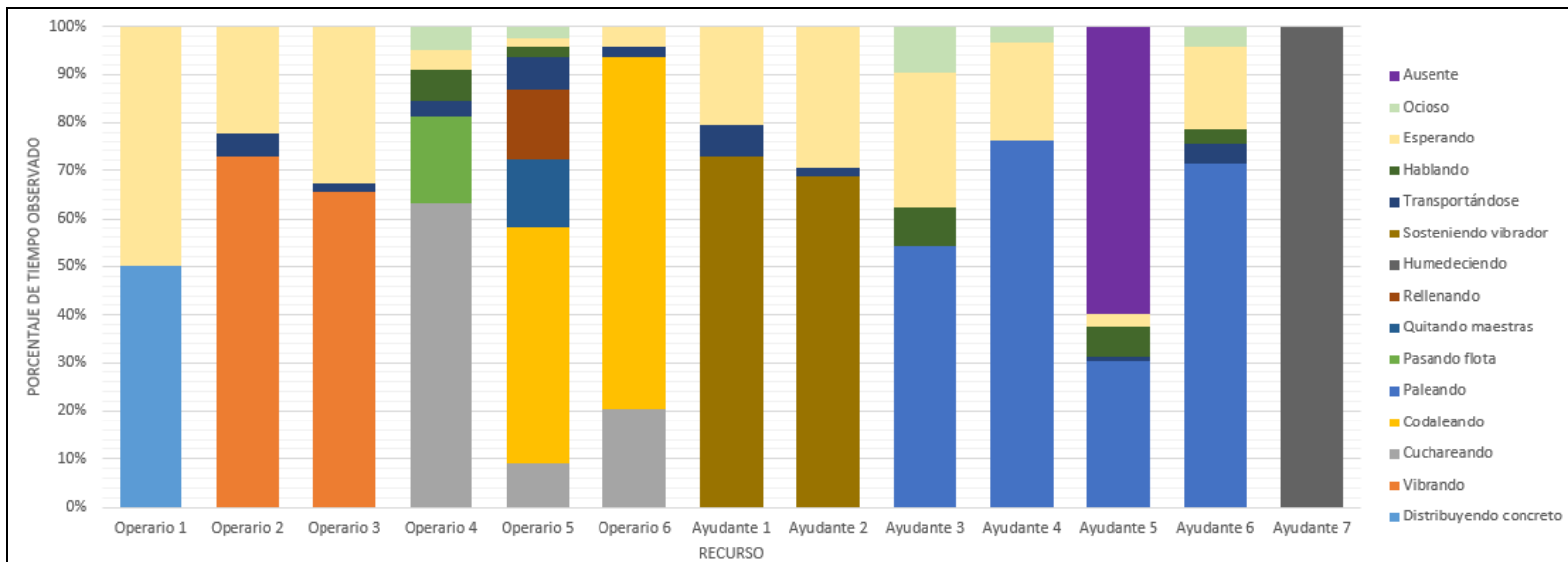


Figura 66. Gráfico Crew balance para el proceso de colado de la losa de entripiso, muestreo 2.

MUESTREO 3 COLADO DE LA LOSA

El cuadro 34 corresponde a la información general sobre las características bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, perteneciente a

día de realización, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 34. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	26/02/2016
Hora de inicio	05:00 p.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	1235
Frecuencia	Cada 15 segundos

Las tareas que llevaron a cabo los trabajadores durante este muestreo se presentan en el cuadro 35, con su respectivo porcentaje de tiempo en que fueron observadas.

En este cuadro se aprecia la cantidad de observaciones realizadas sobre cada tarea, el

porcentaje que representan sobre el total de tiempo medido y la clasificación de cada una de esas tareas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o trabajo improductivo (TI).

CUADRO 35. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Distribuyendo concreto	75	6,07%
	Vibrando	140	11,34%
	Cuchareando	3	0,24%
	Codaleando	60	4,86%
	Paleando	175	14,17%
	Pasando flota	59	4,78%
	Quitando maestras	23	1,86%
	Rellenando	51	4,13%
TC	Humedeciendo	95	7,69%
	Sosteniendo vibrador	140	11,34%
TI	Transportándose	37	3,00%
	Hablando	1	0,08%
	Esperando	296	23,97%
	Ocioso	60	4,86%
	Ausente	20	1,62%
TOTAL		1235	100,00%

La figura 67 corresponde a los niveles de productividad general del proceso obtenidos en durante este muestreo de trabajo, en la figura 68, se detallan estos niveles para cada uno de los trabajadores.

El gráfico Crew balance, donde se puede observar la cantidad de tiempo que emplearon los trabajadores en cada una de las tareas se encuentra en la figura 69.

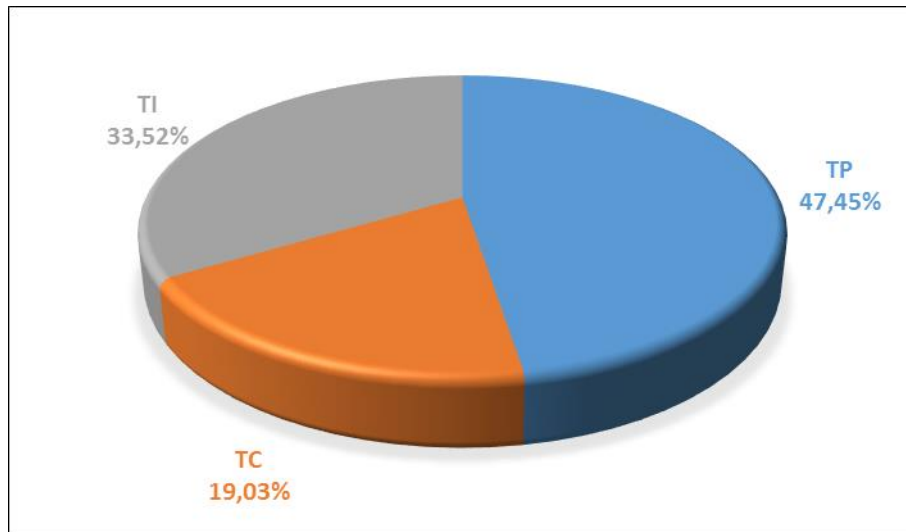


Figura 67. Niveles productividad observados en el proceso de colado de losa de entrepiso, muestreo 3.

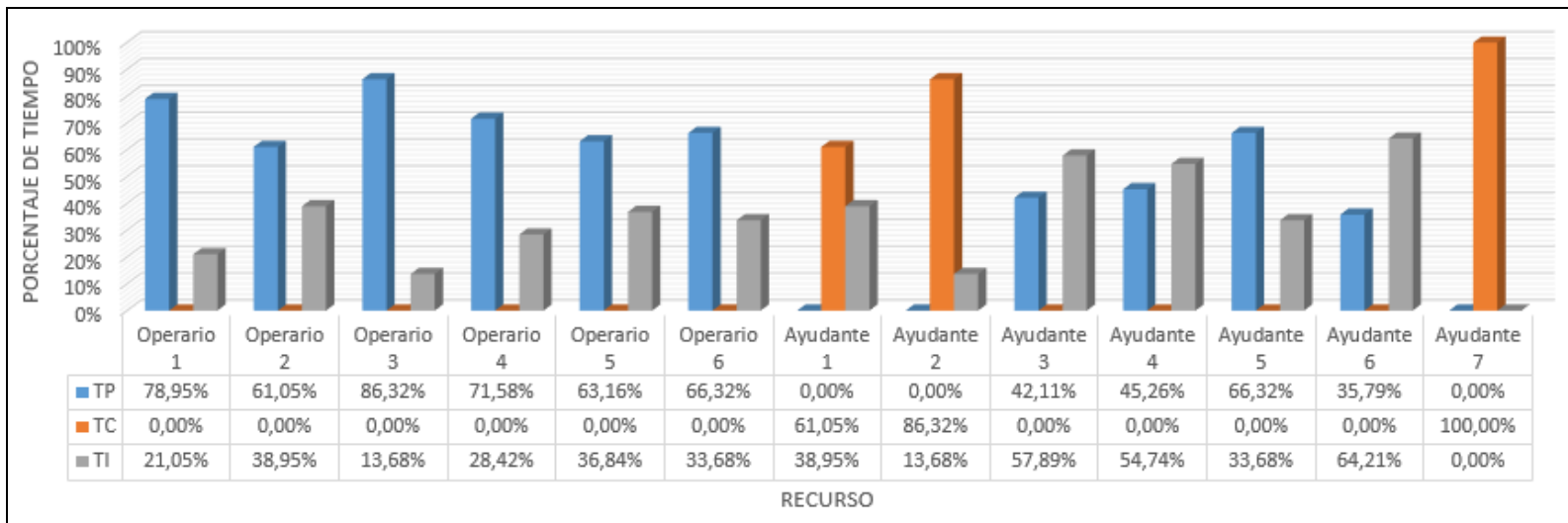


Figura 68. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colado de la losa de entrepiso, muestreo 3.

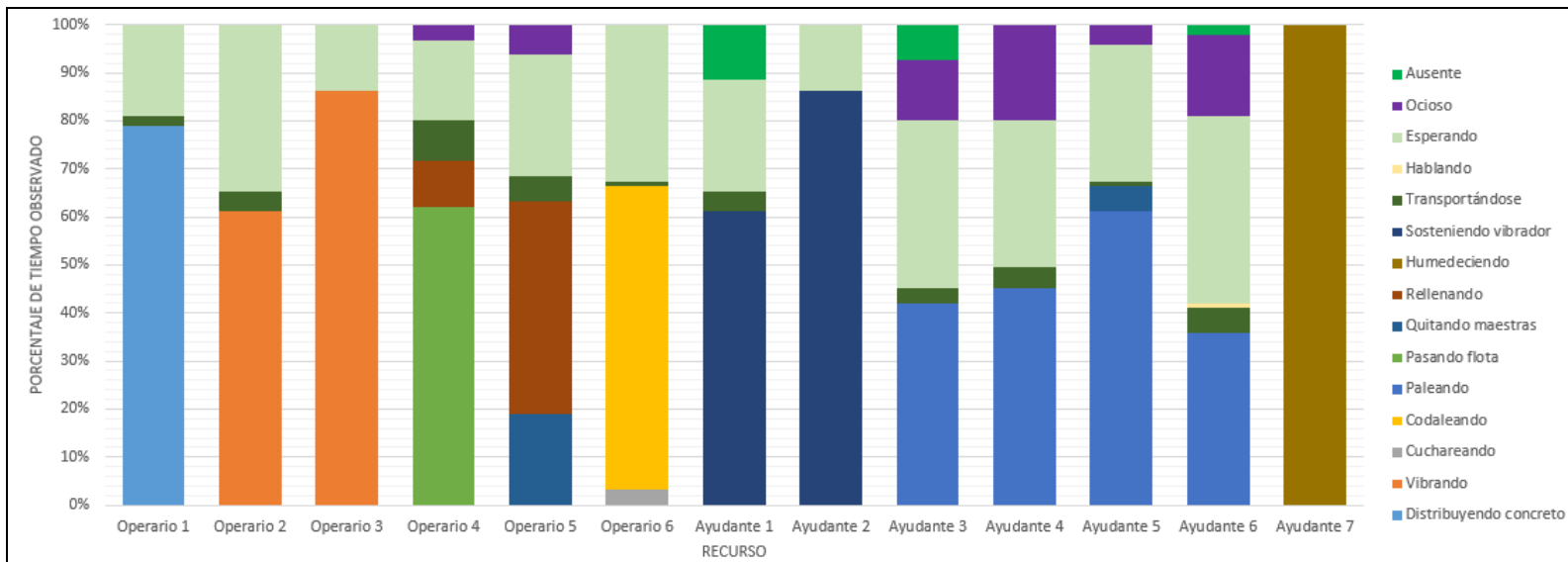


Figura 69. Gráfico Crew balance para el proceso de colado de la losa de entrepiso, muestreo 3.

RENDIMIENTO COLADO DE LA LOSA

El rendimiento general del proceso de colado de la losa de entrepiso expresado en horas hombre por volumen, en metros cúbicos, de concreto colocado, utilizando concreto premezclado y distribuido con bomba telescópica, se encuentra

en el cuadro 36 y en el cuadro 37 separado en horas operario y horas ayudante, el detalle de este último cuadro se observa en el Apéndice F.

CUADRO 36. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ³)	Rendimiento (HH/m ³)
1	00:23:45	0,396	13	5,146	7,000	0,735
2	00:30:15	0,504	13	6,554	7,000	0,936
3	00:23:30	0,392	13	5,092	7,000	0,727
Rendimiento promedio						0,800
Desviación Estándar						0,118
Coeficiente de Variación						0,148
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,879

CUADRO 37. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rendimiento final		
Rf (Operario)	0,406	HO/m ³
Rf (Ayudante)	0,473	HA/m ³

La figura 70 muestra la variación del rendimiento con la productividad a partir de cada uno de los

muestreos realizados, con las variaciones de día, hora y temperatura.

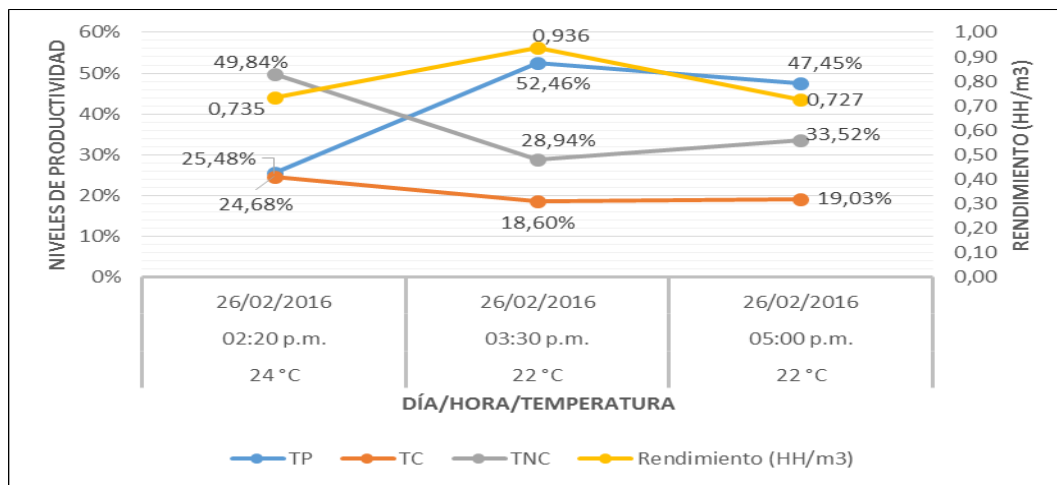


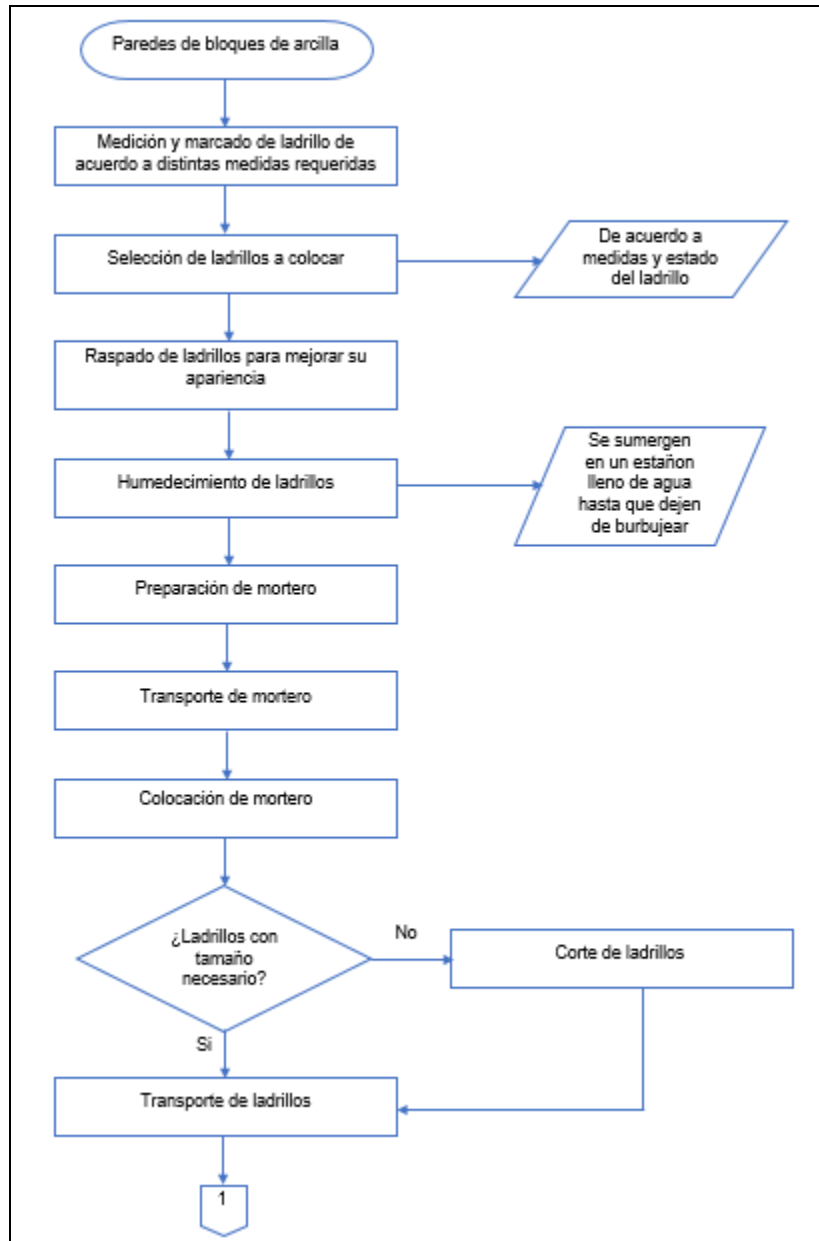
Figura 70. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad para el proceso de colado de la losa de entrepiso.

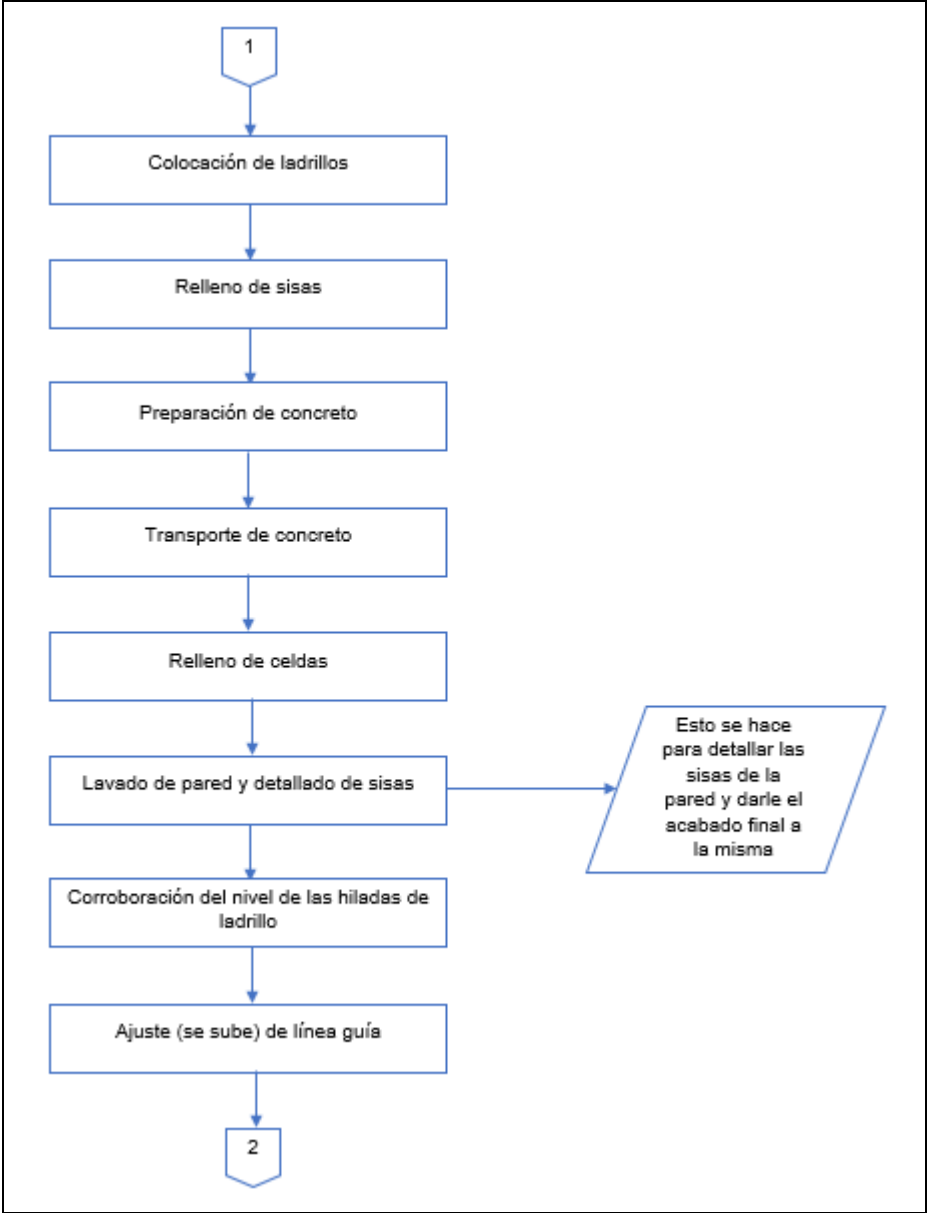
Paredes de bloques de arcilla

La actividad de paredes de bloques de arcilla se trabajó como un proceso en general de construcción de paredes de bloques de arcilla, compuesto por las tareas que se describen en el diagrama de flujo presentado en la figura 71. Procesos como la preparación del concreto y del

mortero así como el relleno de sisas y celdas fueron considerados como tareas ya que se iban realizando conforme el trabajador destinado a ello iba avanzando con sus labores, y no lo desarrollaban como un proceso en sí.

En el cuadro 38 se muestran los recursos necesarios para esta actividad. Seguidamente presentan los resultados obtenidos a partir de los muestreos.





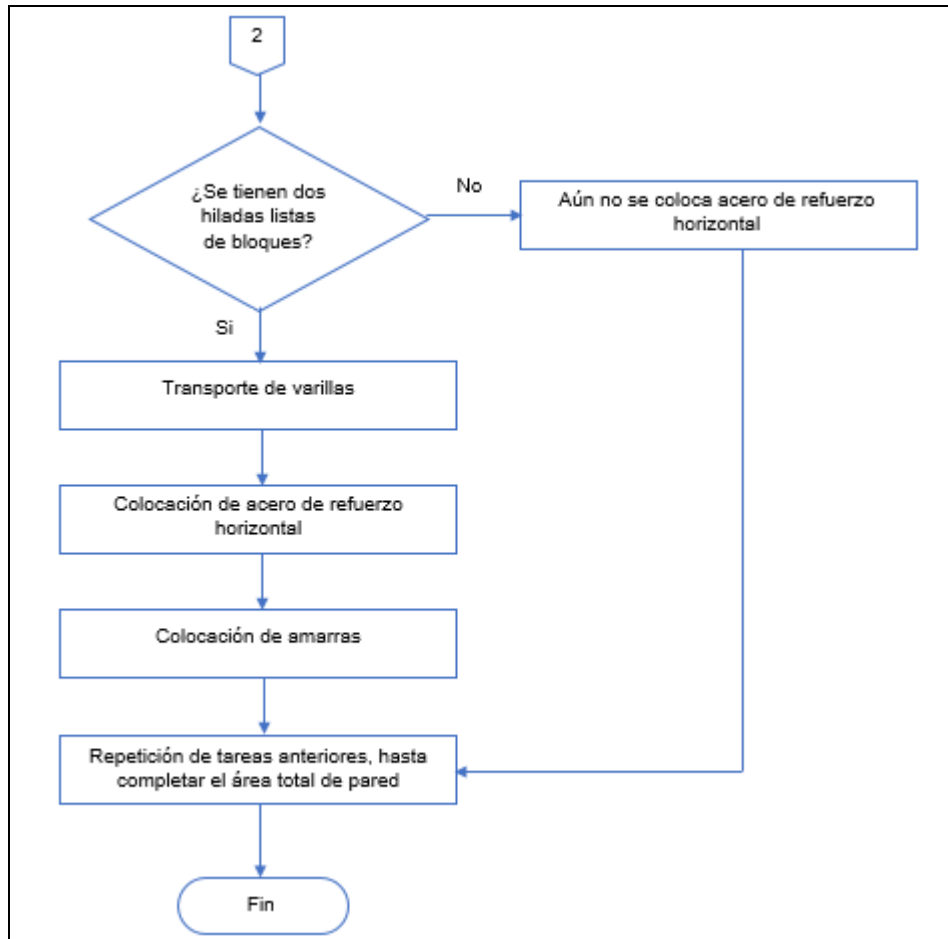


Figura 71. Diagrama de flujo general para la actividad paredes de bloques de arcilla.

CUADRO 38. RECURSOS PARA LOS PROCESOS ANALIZADOS EN LA ACTIVIDAD PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA			
Procesos	Recursos		
	Cuadrilla	Materiales	Equipo
Construcción de paredes de ladrillos de arcilla	1 Operario 2 Ayudantes	Ladrillos de arcilla Piedra Arena Cemento Agua Varillas Alambre negro	Andamios Balde Esmeril Martillo Manguera Tenazas Cucharas Esponjas Carretillos Palas Estañon Cinta métrica

MUESTREO 1

CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

Para esta actividad se realizaron en total siete muestreos durante diferentes días de la semana y a diferentes horas del día.

En el cuadro 39, se muestra la información general sobre las condiciones bajo

las cuales fue desarrollado este primer muestreo, correspondiente al día en que se tomaron los datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 39. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/02/2016
Hora de inicio	01:20 p.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	543
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 40 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 40. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	41	7,55%
	Colocando mortero	21	3,87%
	Rellenando sisas	19	3,50%
	Rellenando celdas	7	1,29%
	Preparando mortero	43	7,92%
	Preparando concreto	35	6,45%
	Raspando ladrillos	1	0,18%
	Cortando ladrillos	16	2,95%
	Seleccionando ladrillos	9	1,66%
	Humedeciendo ladrillos	10	1,84%
	Lavando pared	122	22,47%
TC	Transportando ladrillos	9	1,66%
	Transportando mortero	3	0,55%
	Transportando concreto	1	0,18%
	Transportando agua	8	1,47%
	Mezclando mortero	8	1,47%
	Mezclando concreto	2	0,37%
	Subiendo línea guía	3	0,55%
	Corroborando nivel	1	0,18%
	Midiendo y marcando	21	3,87%
Equipo de protección	6	1,10%	
TI	Transportándose	60	11,05%
	Hablando	30	5,52%
	Esperando	64	11,79%
	Ocioso	3	0,55%
TOTAL		543	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 72, mientras que en la figura 73 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 74.

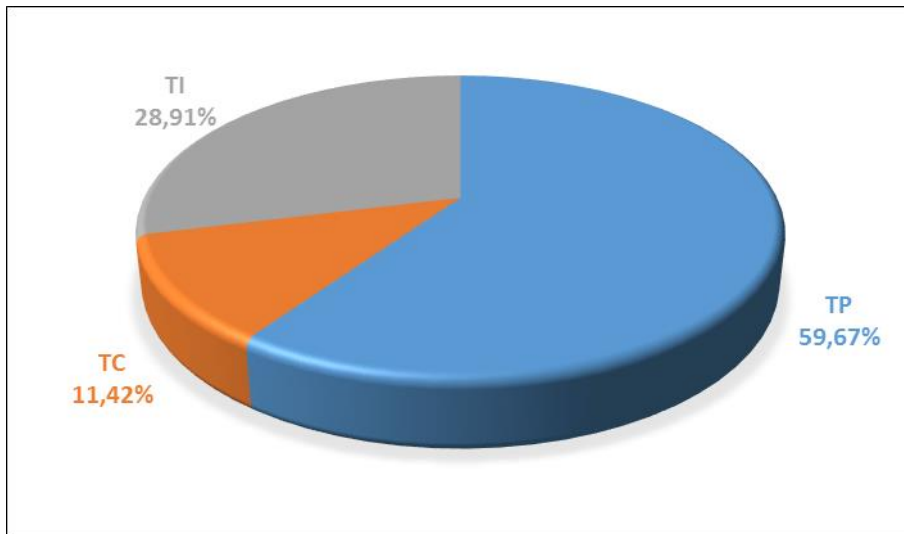


Figura 72. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 1.

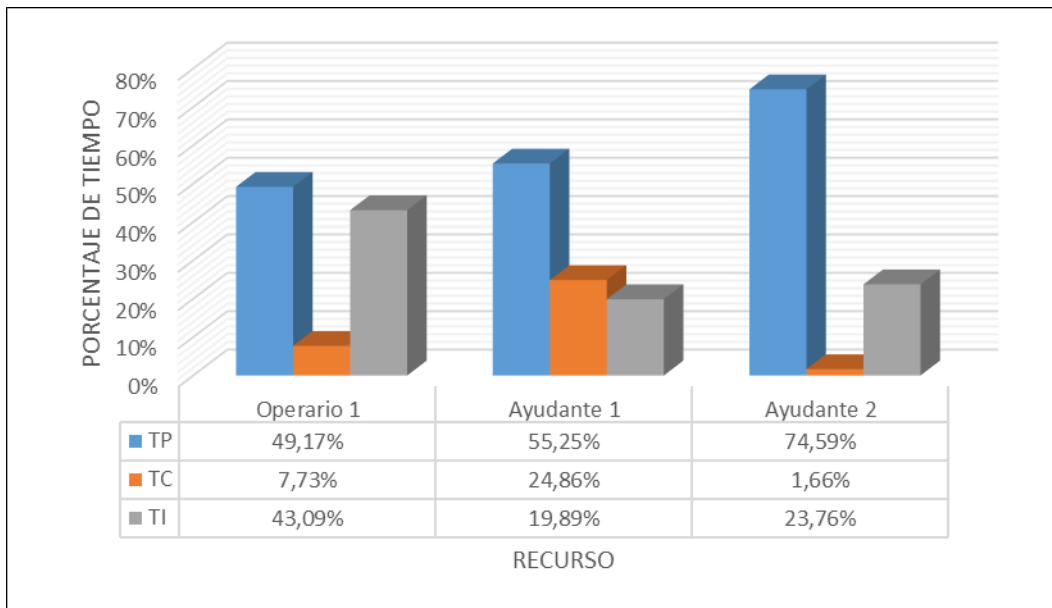


Figura 73. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 1.

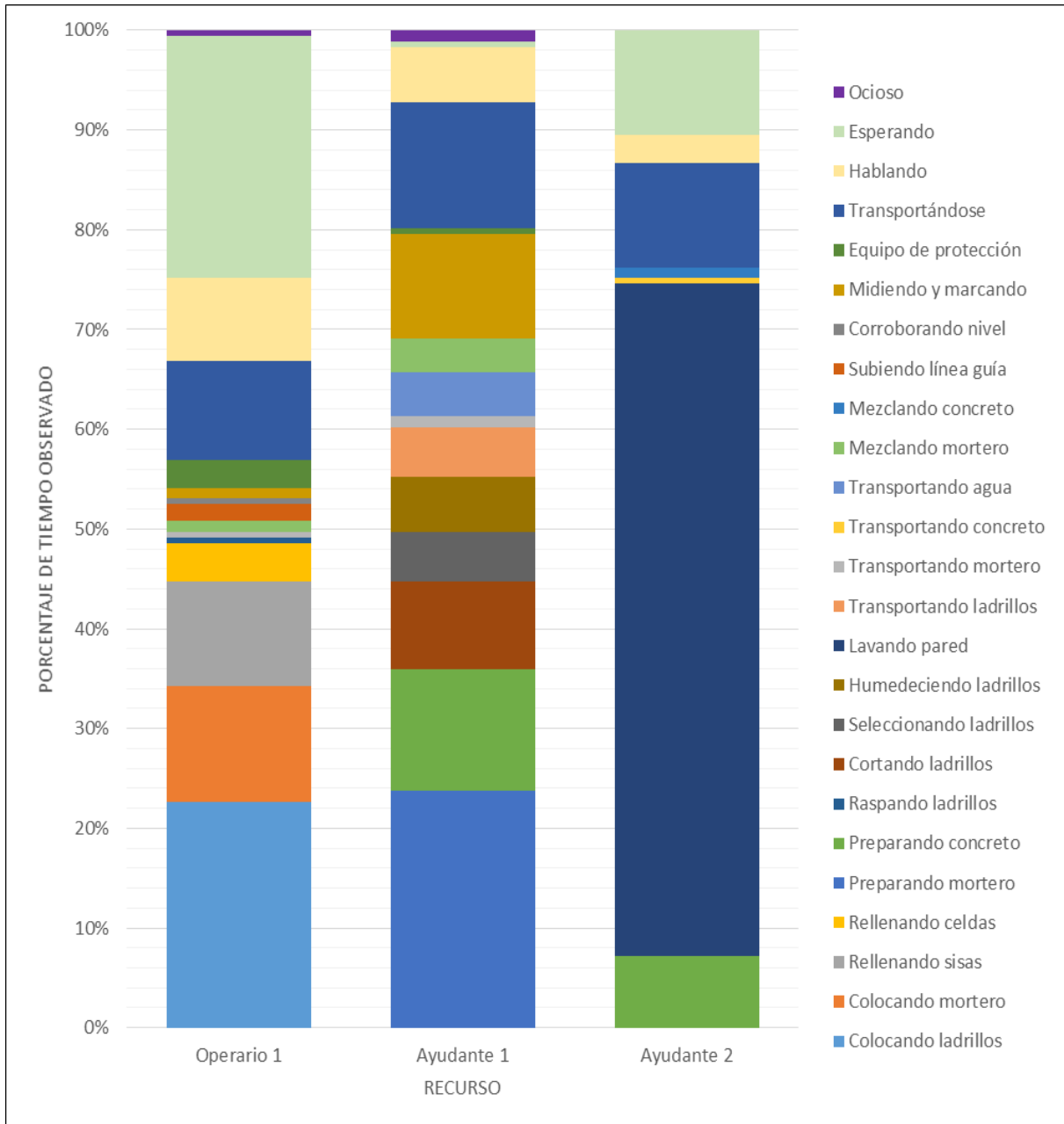


Figura 74. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 1.

MUESTREO 2 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 41, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este segundo muestreo, correspondiente al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 41. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	18/02/2016
Hora de inicio	10:15 a.m.
Temperatura	20 °C
Total de observaciones	471
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 42 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 42. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	28	5,94%
	Colocando mortero	16	3,40%
	Rellenando sisas	80	16,99%
	Rellenando celdas	33	7,01%
	Preparando mortero	34	7,22%
	Raspando ladrillos	8	1,70%
	Seleccionando ladrillos	11	2,34%
	Humedeciendo ladrillos	10	2,12%
	Lavando pared	15	3,18%
TC	Transportando ladrillos	26	5,52%
	Transportando mortero	3	0,64%
	Transportando concreto	1	0,21%
	Mezclando mortero	8	1,70%
	Mezclando concreto	3	0,64%
	Midiendo y marcando	52	11,04%
TI	Transportándose	50	10,62%
	Hablando	34	7,22%
	Esperando	13	2,76%
	Ocioso	20	4,25%
	Ausente	26	5,52%
TOTAL		471	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 75, mientras que en la figura 76 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 77.

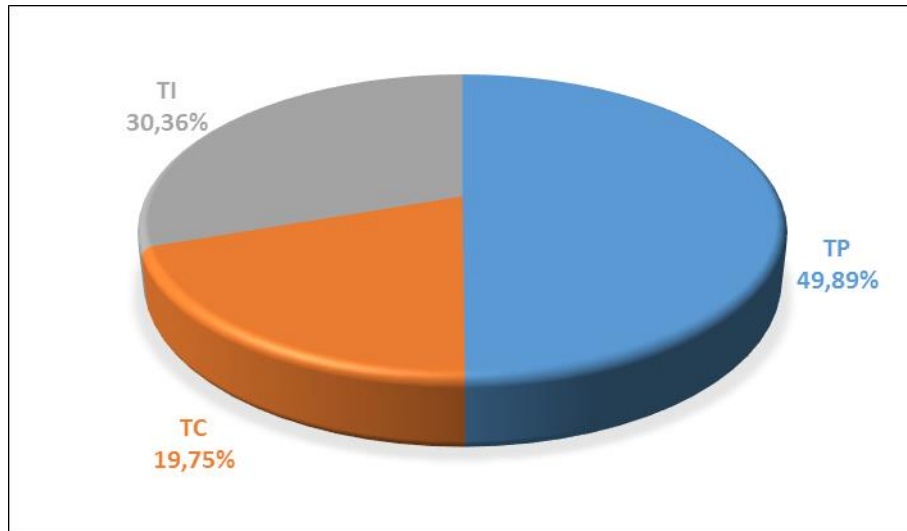


Figura 75. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 2.

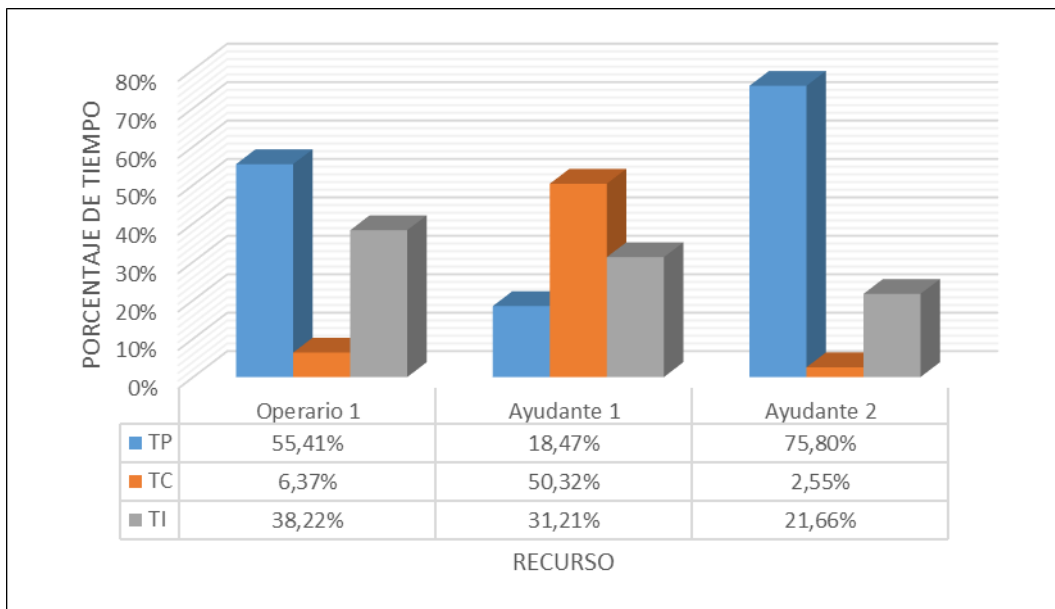


Figura 76. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 2.

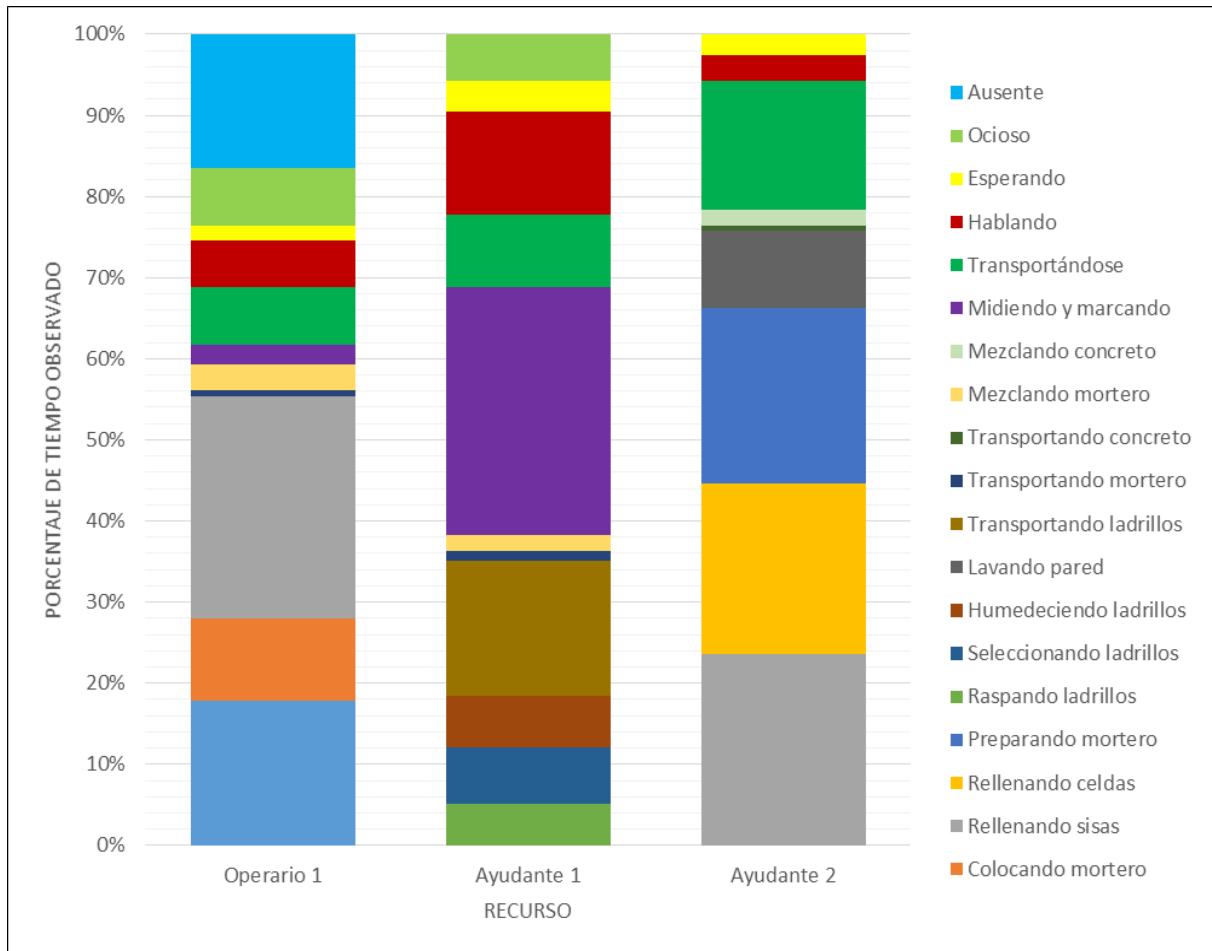


Figura 77. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 2.

MUESTREO 3 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 43, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este tercer muestreo, correspondientes al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 43. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	23/02/2016
Hora de inicio	07:30 a.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	630
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 44 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 44. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	47	7,46%
	Colocando mortero	26	4,13%
	Rellenando sisas	64	10,16%
	Rellenando celdas	14	2,22%
	Preparando mortero	31	4,92%
	Preparando concreto	18	2,86%
	Raspando ladrillos	27	4,29%
	Cortando ladrillos	42	6,67%
	Seleccionando ladrillos	19	3,02%
	Humedeciendo ladrillos	5	0,79%
	Lavando pared	45	7,14%
TC	Transportando ladrillos	26	4,13%
	Transportando mortero	11	1,75%
	Transportando concreto	2	0,32%
	Transportando agua	2	0,32%
	Mezclando mortero	13	2,06%
	Midiendo y marcando	41	6,51%
	Buscando herramientas	14	2,22%
Equipo de protección	17	2,70%	
TI	Transportándose	61	9,68%
	Hablando	39	6,19%
	Esperando	48	7,62%
	Ocioso	18	2,86%
TOTAL		630	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 78, mientras que en la figura 79 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 80.

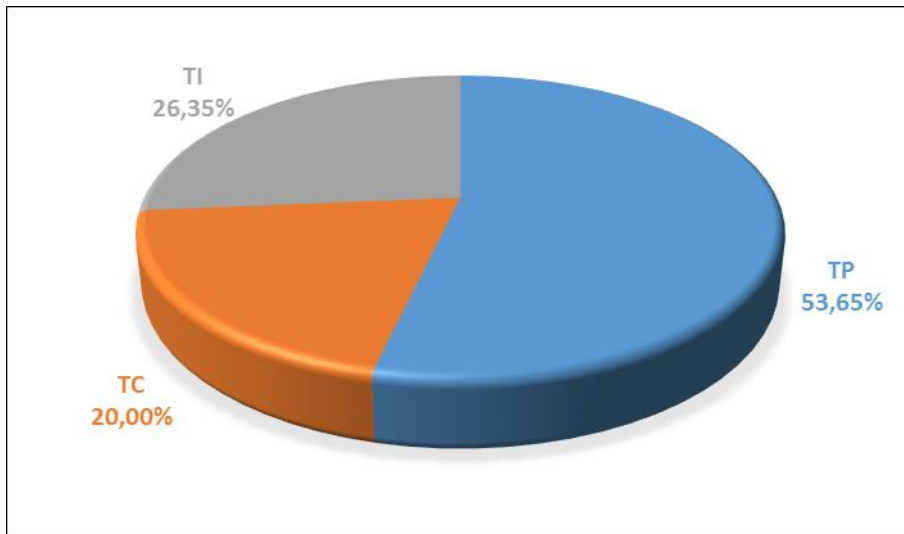


Figura 78. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 3.

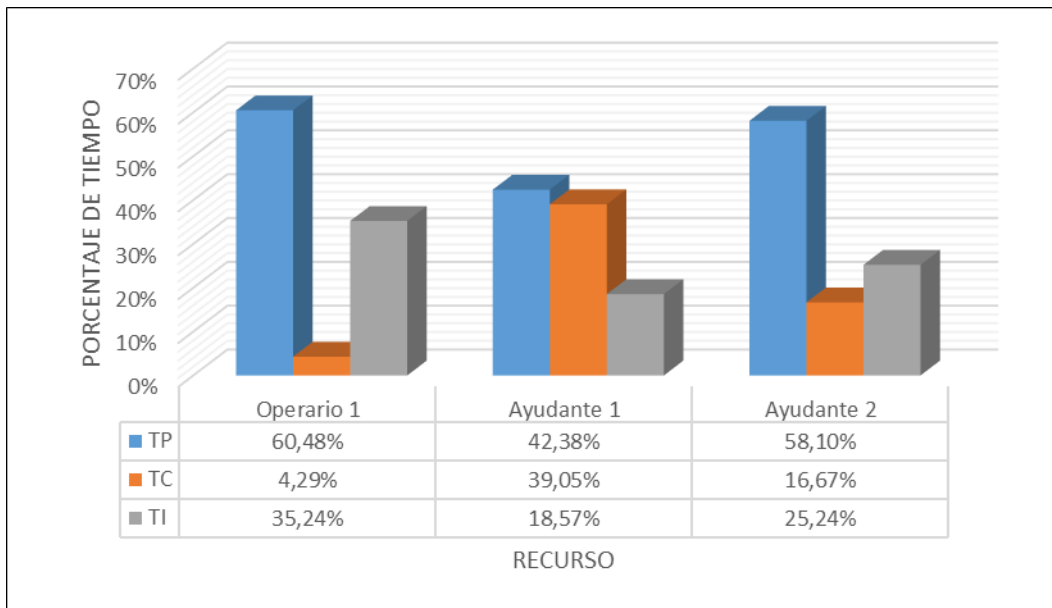
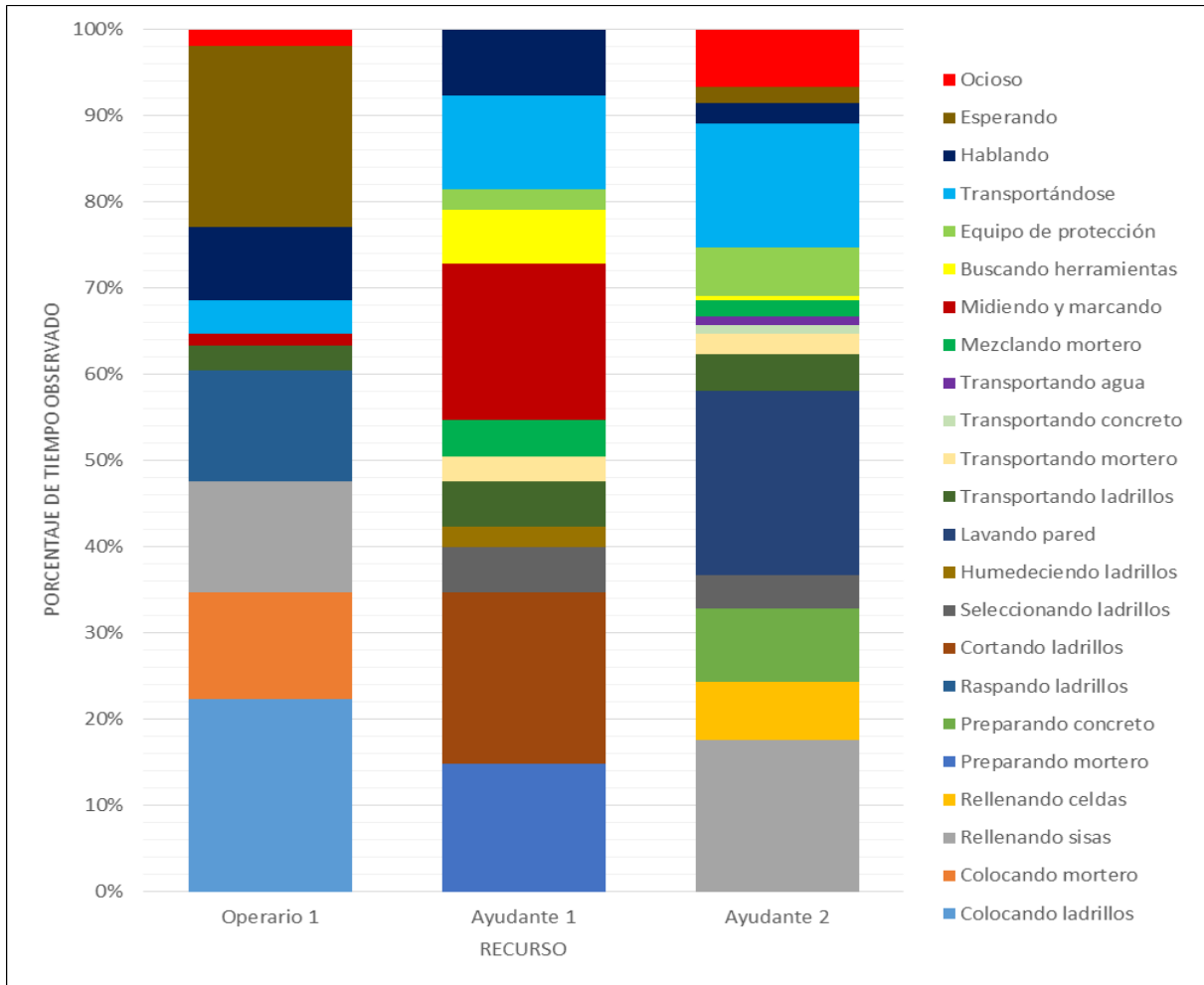


Figura 79. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 3.



MUESTREO 4 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 45, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este cuarto muestreo, correspondientes al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 45. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	23/02/2016
Hora de inicio	02:00 p.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	726
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 46 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 46. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	64	8,82%
	Colocando mortero	37	5,10%
	Rellenando sisas	130	17,91%
	Rellenando celdas	28	3,86%
	Preparando mortero	34	4,68%
	Preparando concreto	19	2,62%
	Raspando ladrillos	8	1,10%
	Seleccionando ladrillos	22	3,03%
	Humedeciendo ladrillos	21	2,89%
	Lavando pared	67	9,23%
	Colocando acero horizontal	6	0,83%
	Colocando amarras	5	0,69%
	TC	Transportando ladrillos	15
Transportando mortero		13	1,79%
Transportando concreto		5	0,69%
Mezclando mortero		12	1,65%
Midiendo y marcando		11	1,52%
Equipo de protección		14	1,93%
TI	Transportándose	59	8,13%
	Hablando	55	7,58%
	Esperando	72	9,92%
	Ocioso	29	3,99%
TOTAL		726	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 81, mientras que en la figura 82 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 83.

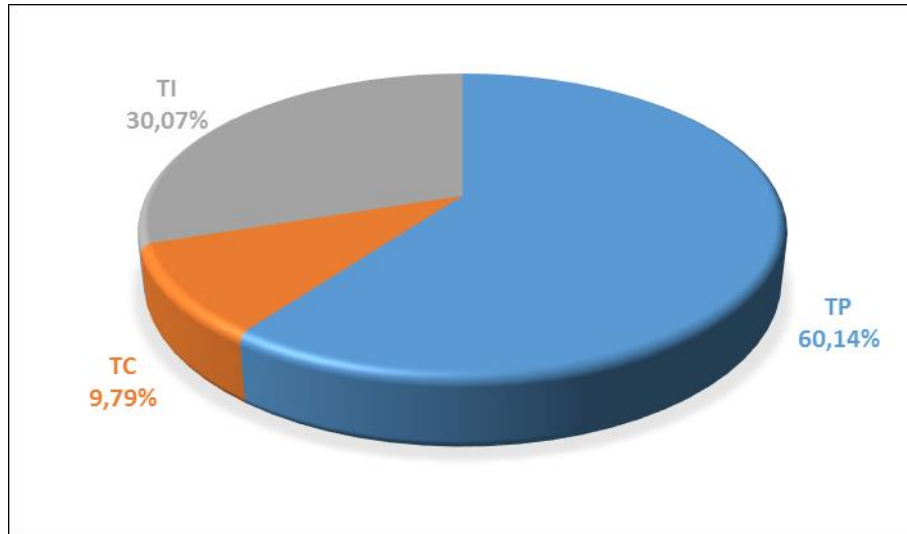


Figura 81. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 4.

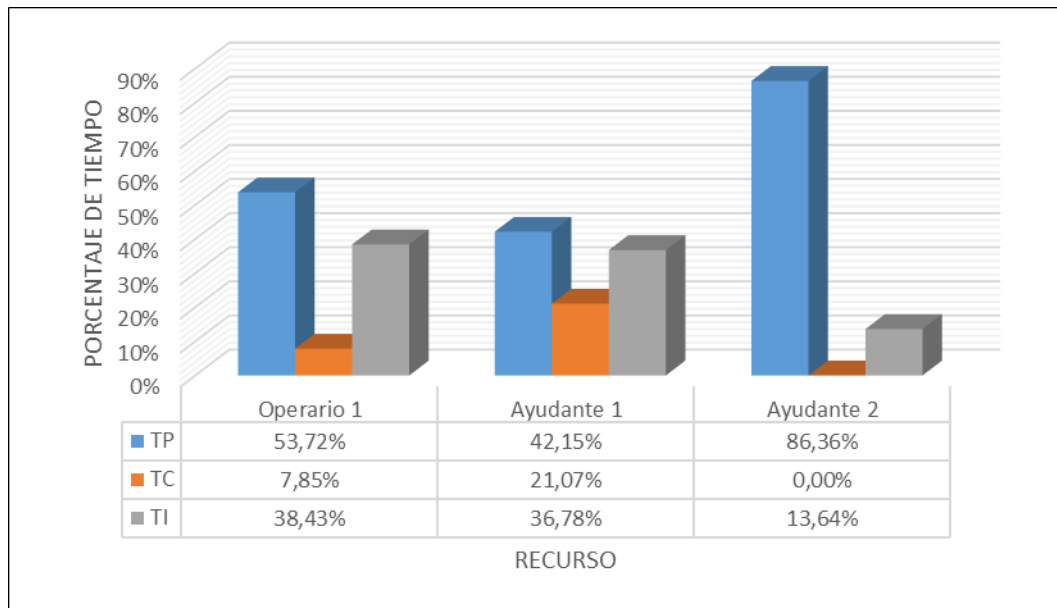


Figura 82. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 4.

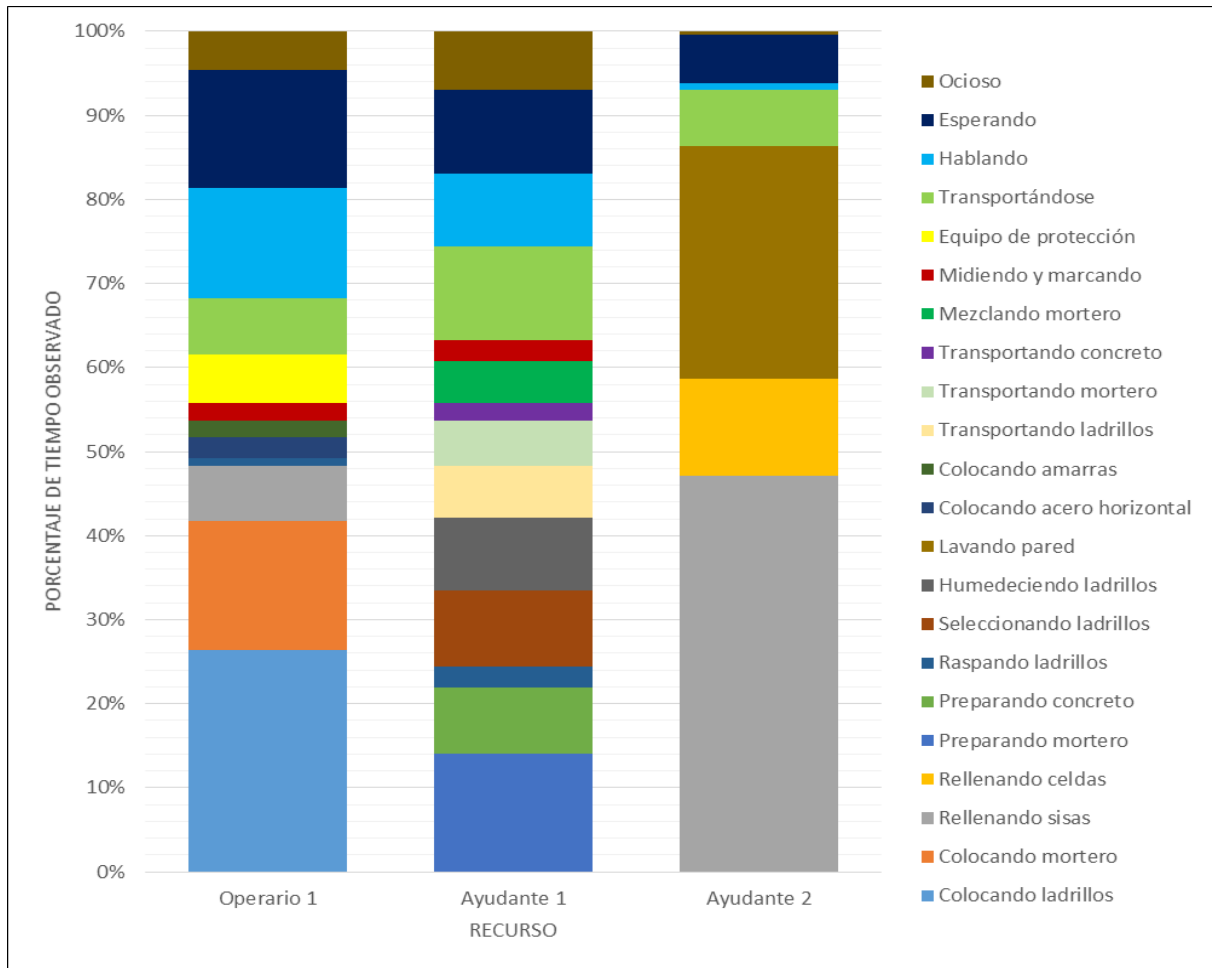


Figura 83. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 4.

MUESTREO 5 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 47, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este quinto muestreo, correspondiente al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 47. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	25/02/2016
Hora de inicio	10:30 a.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	696
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 48 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 48. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	47	6,75%
	Colocando mortero	9	1,29%
	Rellenando sisas	59	8,48%
	Rellenando celdas	15	2,16%
	Preparando mortero	23	3,30%
	Preparando concreto	21	3,02%
	Cortando ladrillos	58	8,33%
	Seleccionando ladrillos	9	1,29%
	Humedeciendo ladrillos	36	5,17%
	Lavando pared	16	2,30%
	Colocando acero horizontal	9	1,29%
	Colocando amarrias	41	5,89%
	TC	Transportando ladrillos	37
Transportando mortero		11	1,58%
Transportando concreto		2	0,29%
Mezclando mortero		11	1,58%
Midiendo y marcando		55	7,90%
Limpiando balde		6	0,86%
Equipo de protección		5	0,72%
TI	Transportándose	91	13,07%
	Hablando	37	5,32%
	Esperando	13	1,87%
	Ocioso	15	2,16%
	Ausente	70	10,06%
TOTAL		696	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 84, mientras que en la figura 85 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 86.

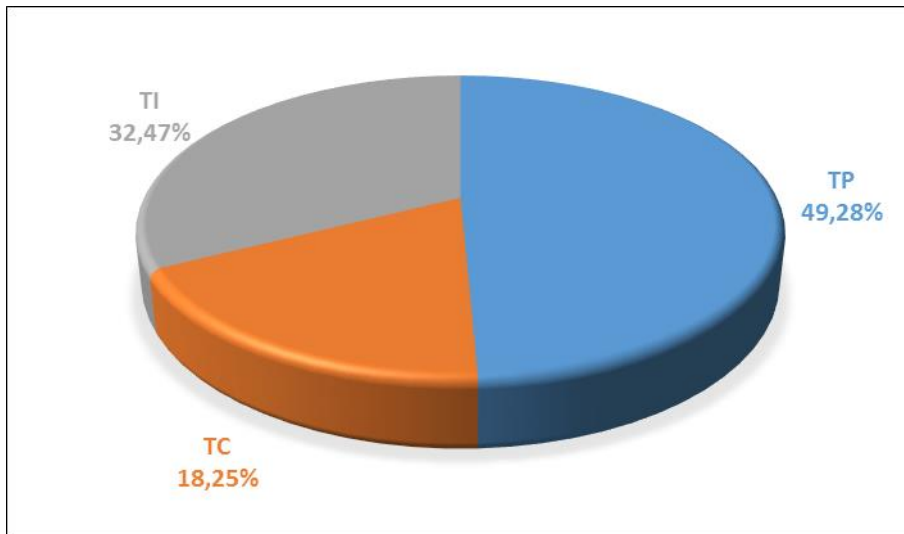


Figura 84. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 5.

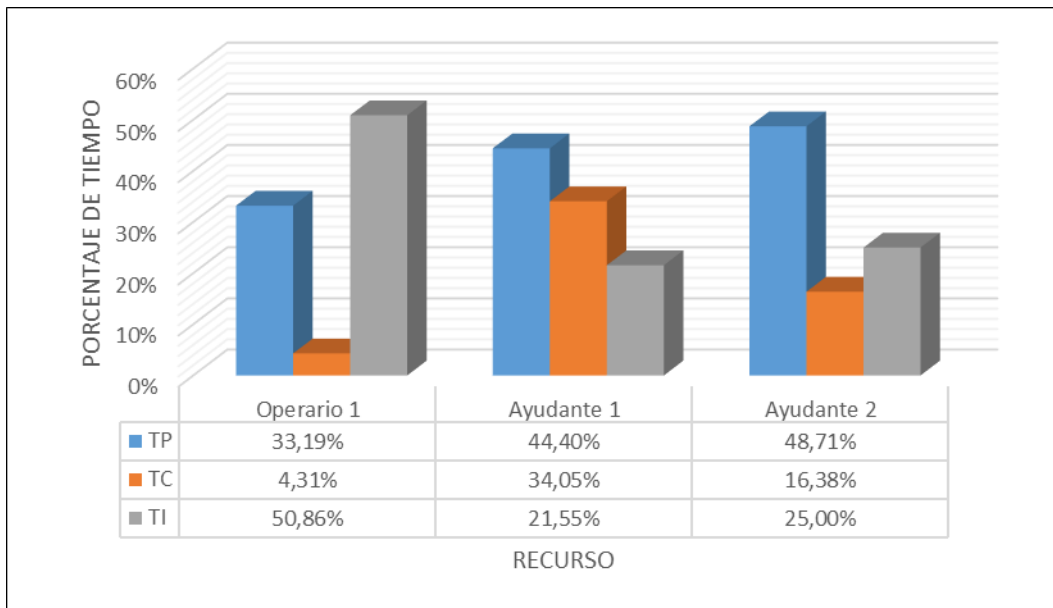


Figura 85. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 5.

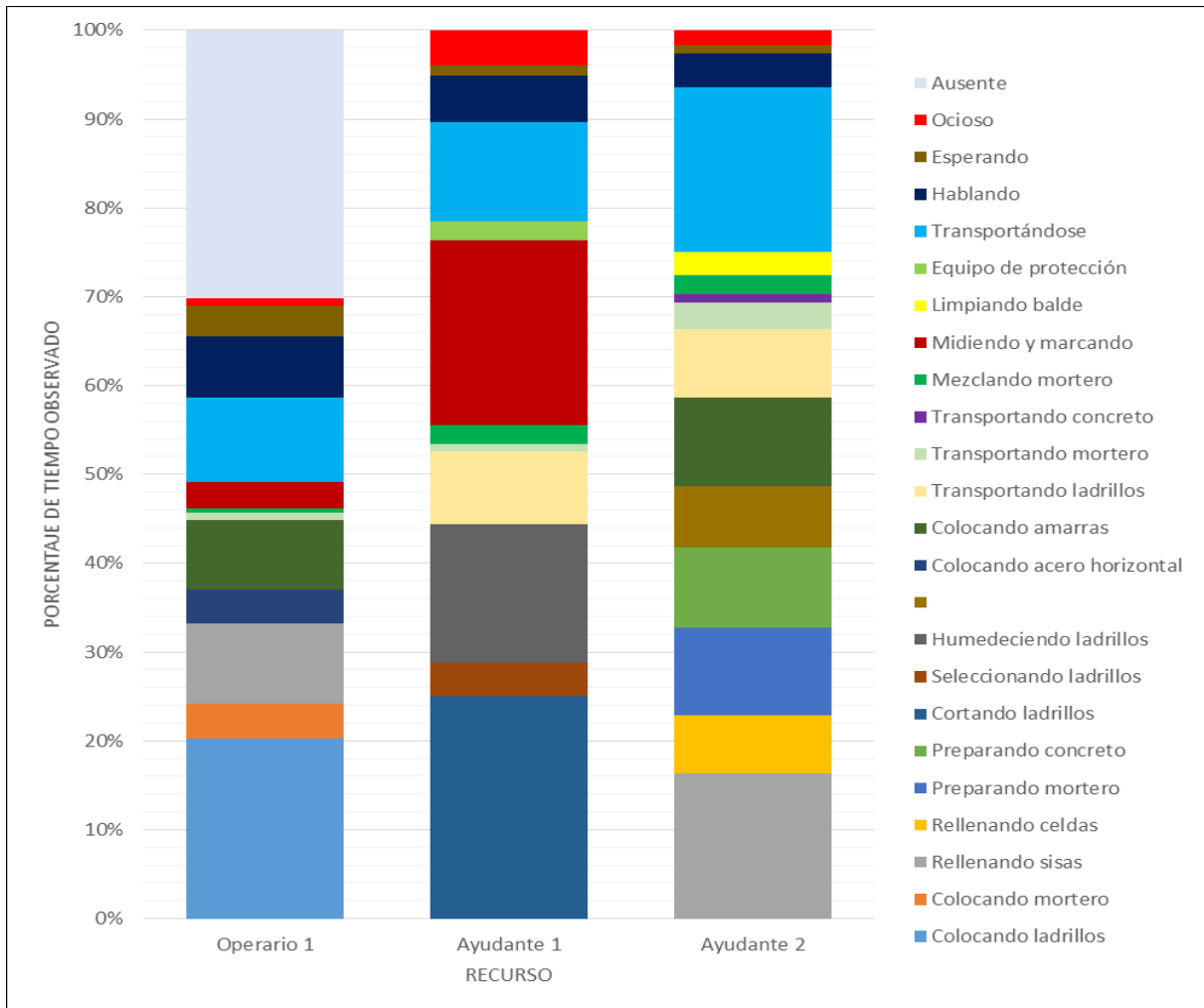


Figura 86. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 5.

MUESTREO 6 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 49, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este sexto muestreo, correspondientes al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 49. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	26/02/2016
Hora de inicio	07:50 a.m.
Temperatura	13 °C
Total de observaciones	411
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 50 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 50. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	13	3,16%
	Colocando mortero	5	1,22%
	Rellenando sisas	76	18,49%
	Rellenando celdas	42	10,22%
	Preparando mortero	31	7,54%
	Seleccionando ladrillos	17	4,14%
	Lavando pared	39	9,49%
TC	Transportando ladrillos	2	0,49%
	Transportando concreto	7	1,70%
	Mezclando concreto	13	3,16%
	Midiendo y marcando	7	1,70%
	Buscando herramientas	3	0,73%
TI	Transportándose	65	15,82%
	Hablando	45	10,95%
	Esperando	20	4,87%
	Ocioso	9	2,19%
	Ausente	17	4,14%
TOTAL		411	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 87, mientras que en la figura 88 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 89.

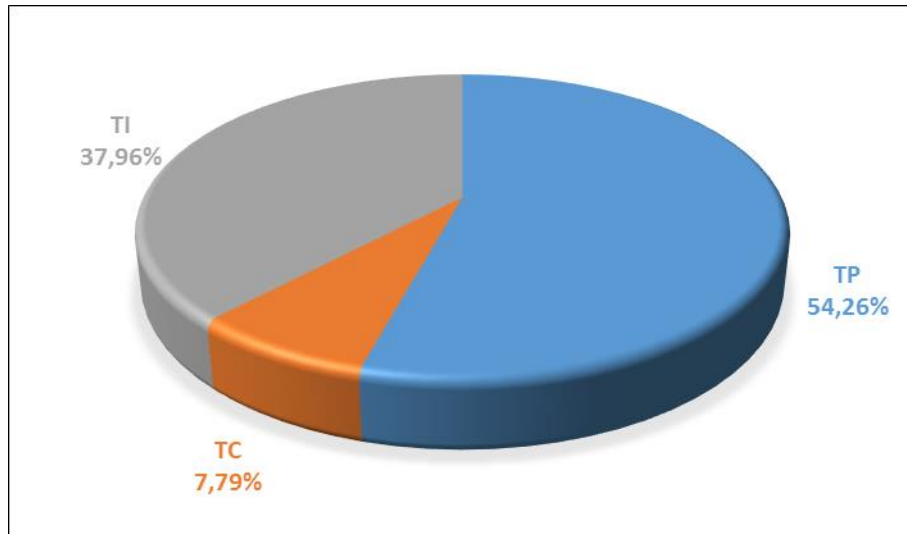


Figura 87. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 6.

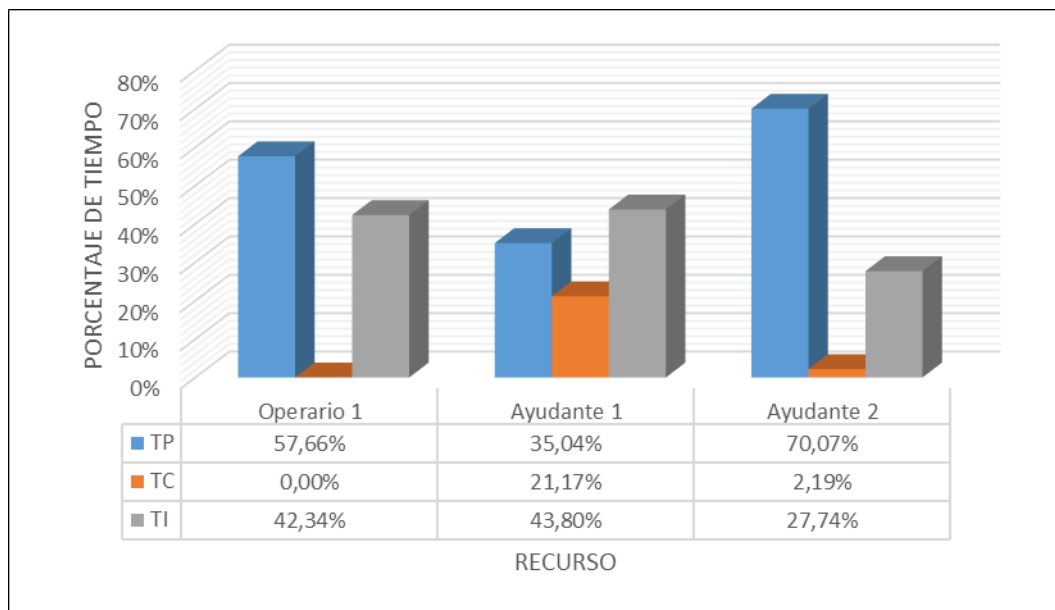


Figura 88. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 6.

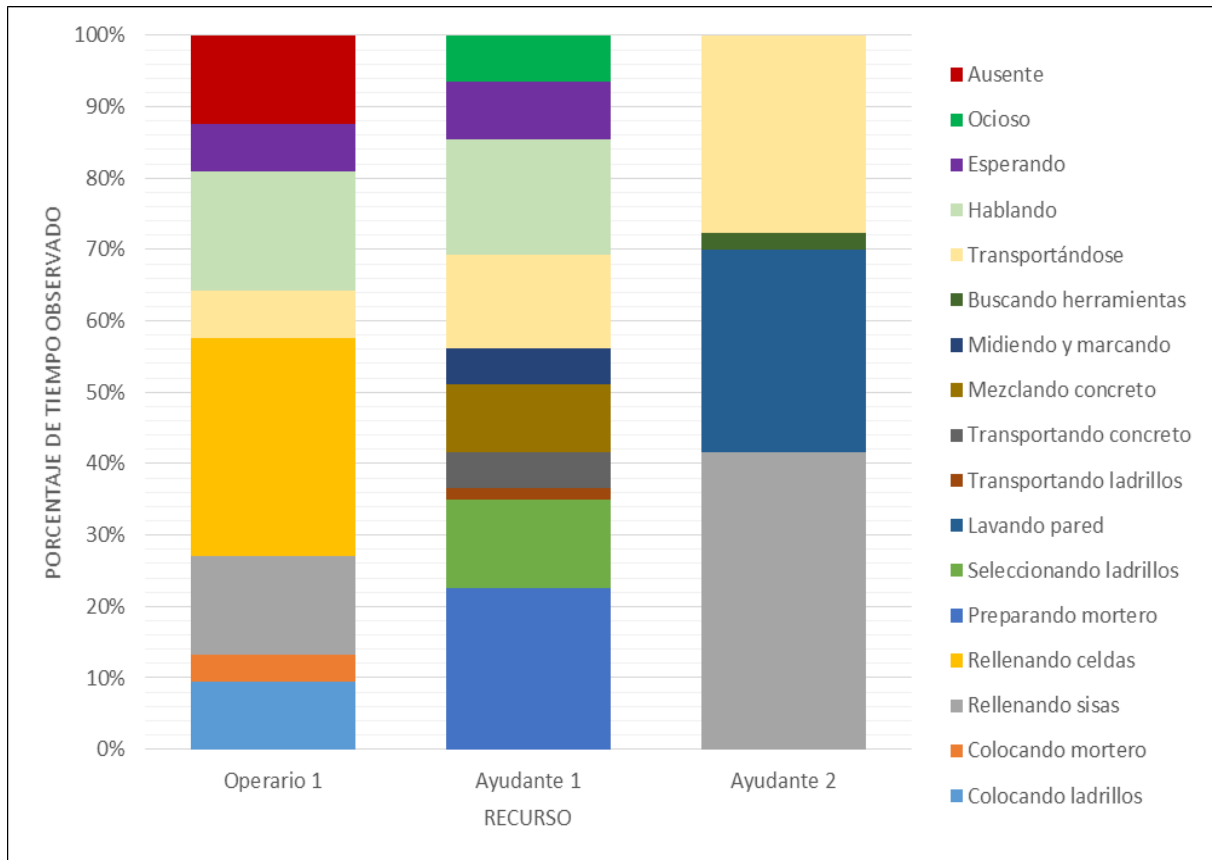


Figura 89. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 6.

MUESTREO 7 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

En el cuadro 51, se muestra la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este séptimo y último muestreo, correspondientes al día en que se tomaron los

datos, la hora de inicio, la temperatura el número total de observaciones y su frecuencia.

CUADRO 51. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	26/02/2016
Hora de inicio	10:00 a.m.
Temperatura	23 °C
Total de observaciones	723
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 52 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, acompañadas de su clasificación de acuerdo a la categorización de trabajo como productivo (TP), trabajo contributivo (TC) o

trabajo improductivo (TI), también se muestra el porcentaje de tiempo observado respecto al tiempo total en que se realizó la medición.

CUADRO 52. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando ladrillos	41	5,67%
	Colocando mortero	25	3,46%
	Rellenando sisas	127	17,57%
	Rellenando celdas	32	4,43%
	Preparando mortero	48	6,64%
	Preparando concreto	17	2,35%
	Seleccionando ladrillos	7	0,97%
	Humedeciendo ladrillos	9	1,24%
	Lavando pared	62	8,58%
TC	Transportando ladrillos	10	1,38%
	Transportando mortero	8	1,11%
	Transportando concreto	13	1,80%
	Transportando agua	8	1,11%
	Mezclando mortero	4	0,55%
	Mezclando concreto	9	1,24%
	Midiendo y marcando	2	0,28%
	Limpiando balde	5	0,69%
	Buscando herramientas	3	0,41%
TI	Transportándose	95	13,14%
	Hablando	45	6,22%
	Esperando	101	13,97%
	Ocioso	24	3,32%
	Ausente	28	3,87%
TOTAL		723	100,00%

Los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas durante este muestreo se muestran, para la actividad en general, en la figura 90, mientras que en la figura 91 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje acumulado de tiempo en que cada uno de los trabajadores realiza una determinada tarea, se puede apreciar en las figura 92.

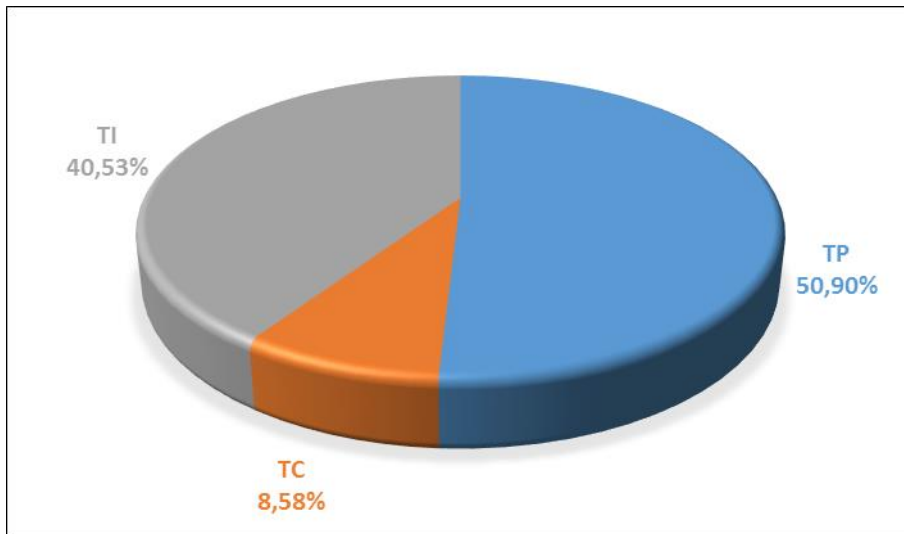


Figura 90. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 7.

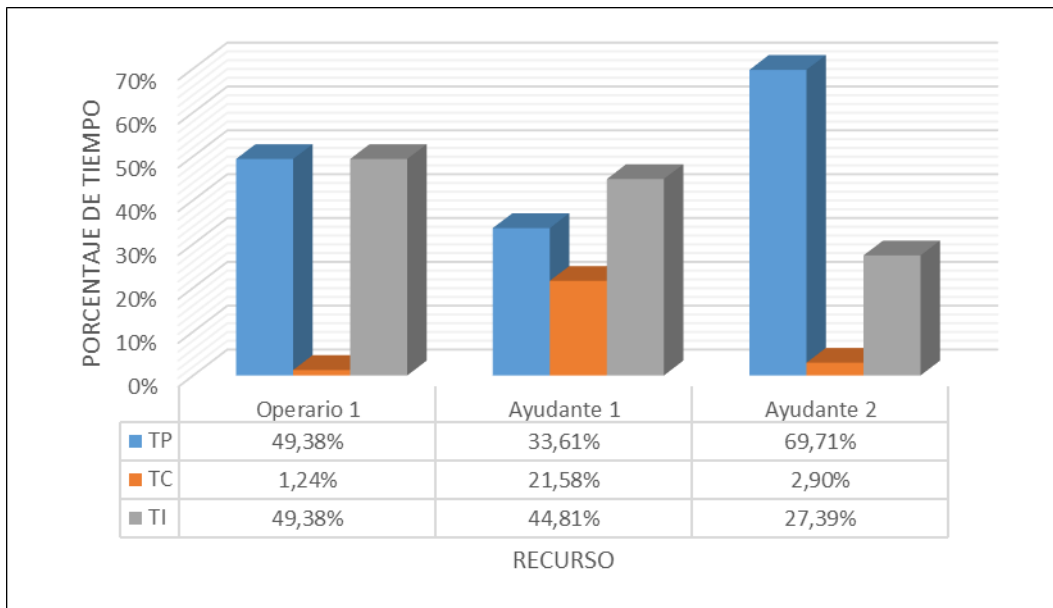


Figura 91. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 7.

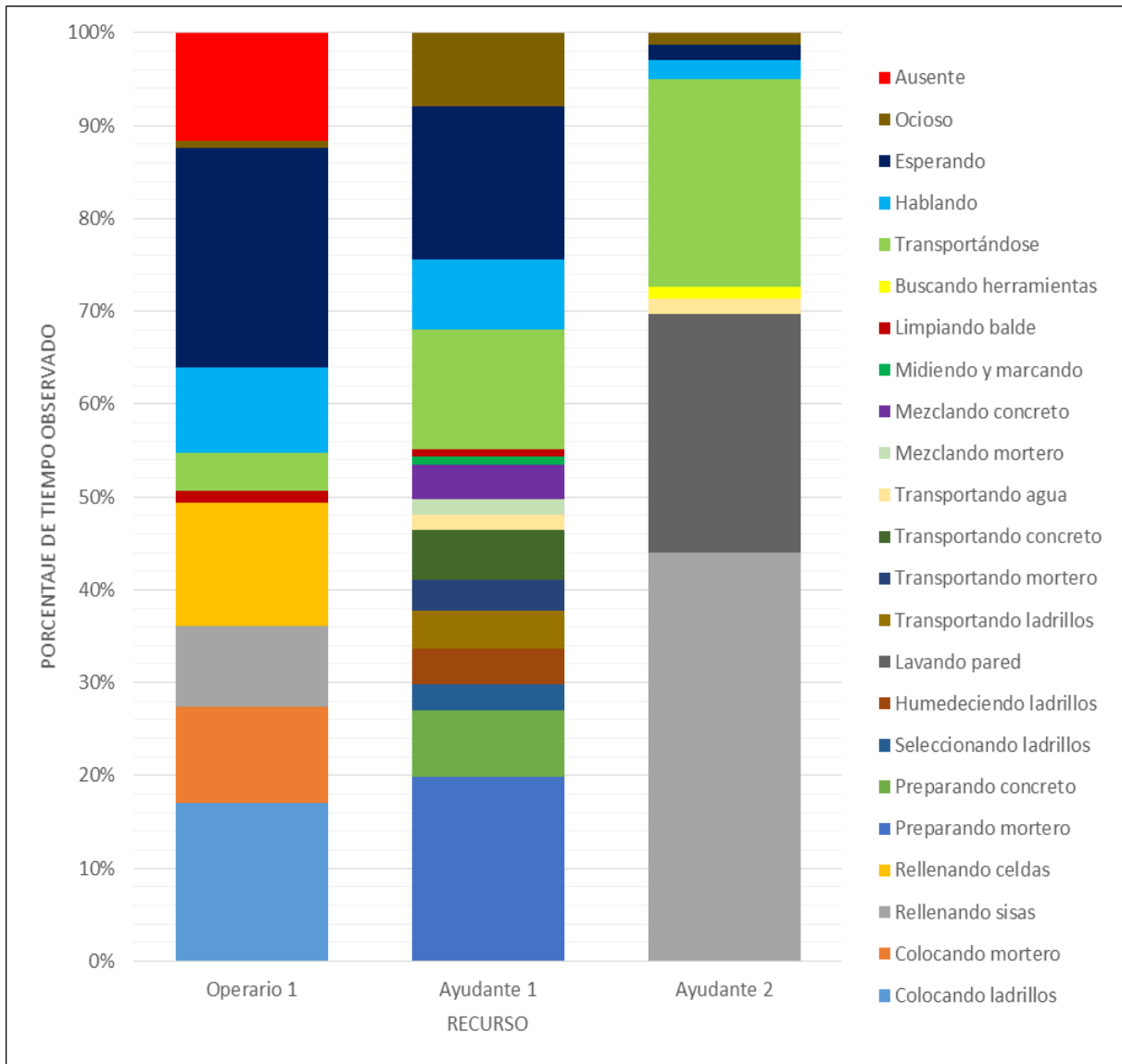


Figura 92. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla, muestreo 7.

RENDIMIENTO CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA

Los rendimientos obtenidos para el proceso de paredes de bloques de arcilla, se encuentran en el cuadro 53 representados en general para la cuadrilla como horas hombre por metro cuadrado de área de bloques de arcilla colocados, sin embargo en el cuadro 54 se presentan los

rendimientos obtenidos por cada tipo de trabajador expresados como horas operario y horas ayudante, que hallan detallados en el Apéndice F.

CUADRO 53. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:45:00	0,750	3	2,250	0,634	3,551
2	00:39:00	0,650	3	1,950	0,715	2,727
3	00:52:15	0,871	3	2,612	0,776	3,365
4	01:00:15	1,004	3	3,013	0,878	3,430
5	00:57:45	0,963	3	2,888	0,715	4,037
6	00:34:00	0,567	3	1,700	0,403	4,216
7	01:00:00	1,000	3	3,000	0,746	4,019
Rendimiento promedio						3,621
Desviación Estándar						0,515
Coeficiente de Variación						0,142
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						3,980

CUADRO 54. RESÚMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	1,327	HO/m ²
Rf (Ayudante)	2,653	HA/m ²

En la figura 93 se presenta la variación de los rendimientos generales con respecto a los niveles de productividad obtenidos en cada muestreo,

que varían de acuerdo al día, la hora y la temperatura.

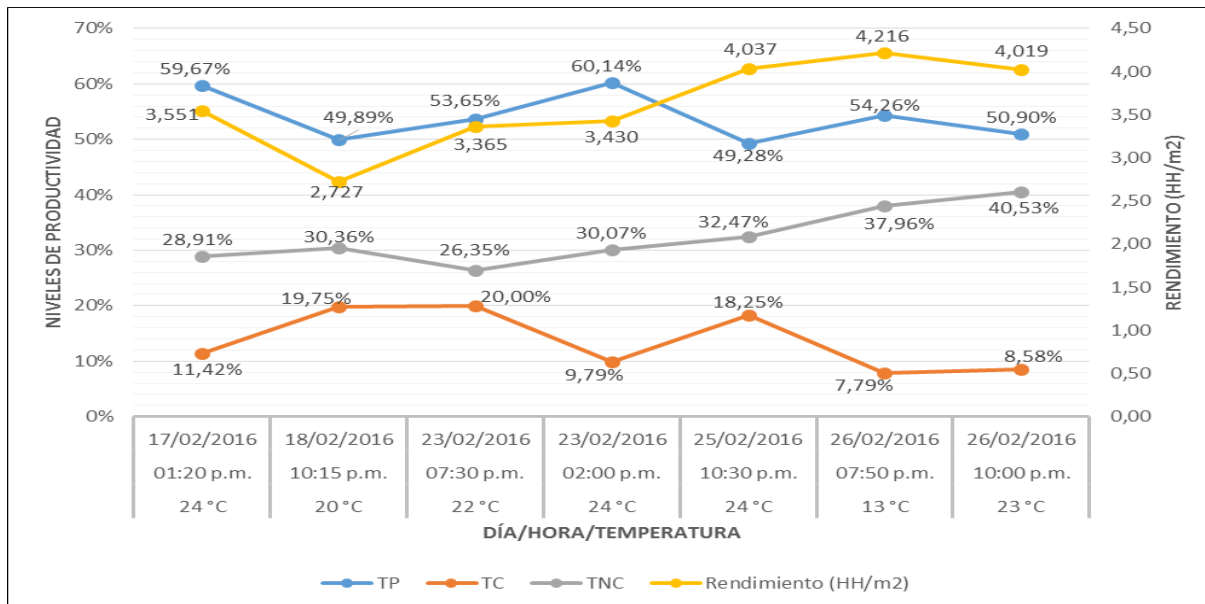


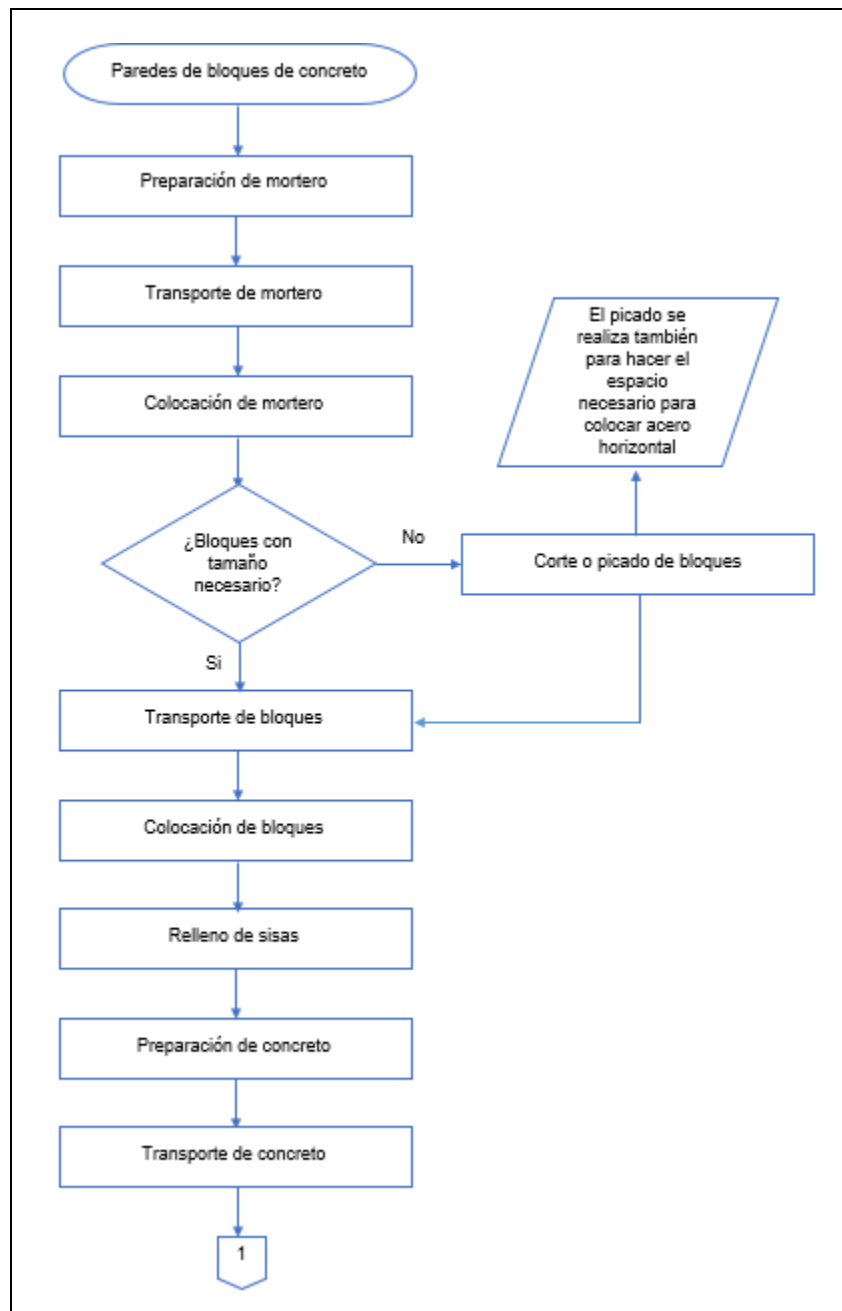
Figura 93. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de construcción de paredes de bloques de arcilla.

Paredes de bloques de concreto

Al igual que la actividad de paredes de bloques de arcilla, la de paredes de bloques de concreto se trabajó como un proceso en general de construcción de paredes de bloques de concreto

y se desglosa en las tareas o subprocesos que se muestran en el diagrama de flujo de la figura 94. En el cuadro 55 se pueden observar los recursos necesarios para llevar a cabo esta actividad.

De igual manera como se presentaron los datos en la actividad anterior se presentan para esta, con la diferencia de que se realizaron esta vez un total cinco muestreos durante distintos días de la semana y a diferentes horas del día.



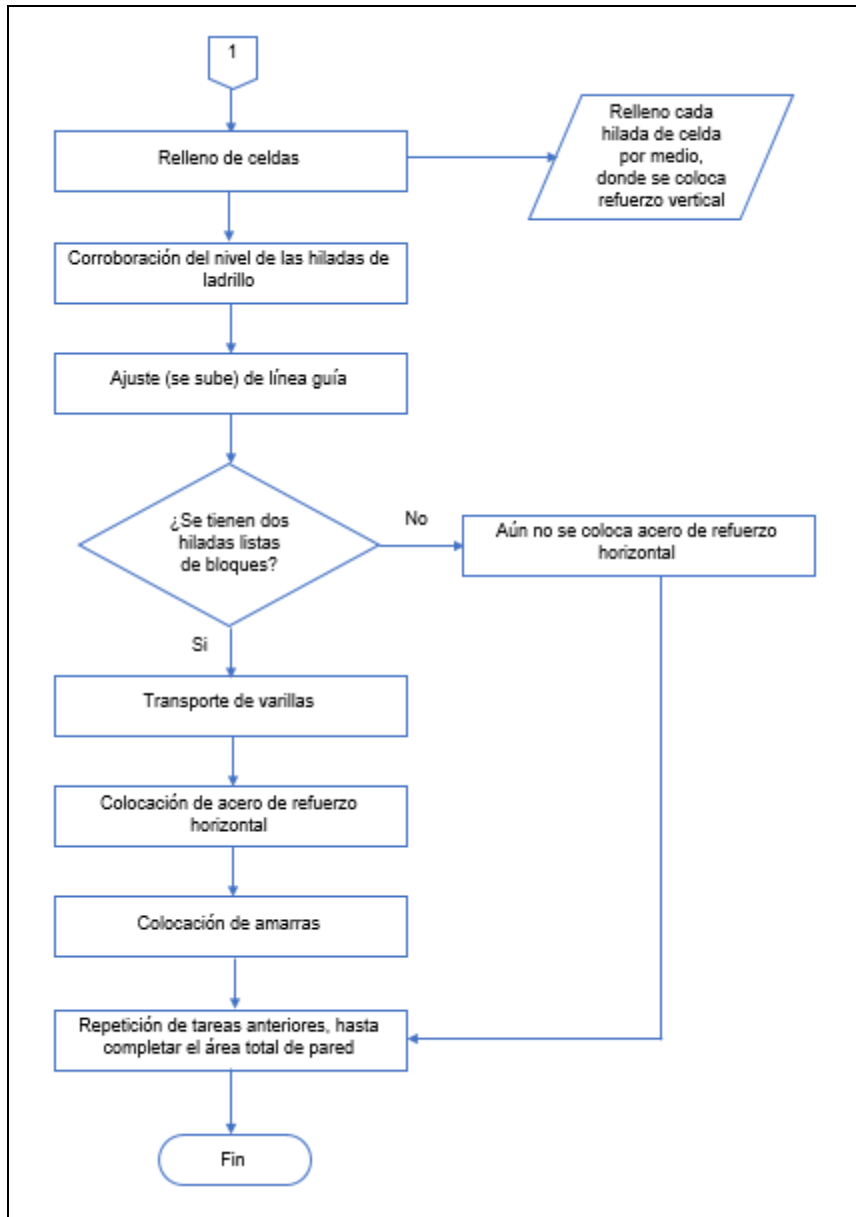


Figura 94. Diagrama de flujo general para la actividad paredes de bloques de concreto.

CUADRO 55. RECURSOS PARA LOS PROCESOS ANALIZADOS EN LA ACTIVIDAD PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO			
Procesos	Recursos		
	Cuadrilla	Materiales	Equipo
Construcción de paredes de bloques de concreto	1 Operario 1 Ayudante	Bloques de concreto Piedra Arena Cemento Agua Varillas Alambre negro	Andamios Balde Esmeril Martillo Tenazas Cucharas Carretillos Palas Cinta métrica

MUESTREO 1 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

En el cuadro 56 se detalla la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, correspondiente a

día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 56. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	29/02/2016
Hora de inicio	10:20 a.m.
Temperatura	25 °C
Total de observaciones	466
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 57 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, clasificadas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo

improductivo (TI), además se presenta el porcentaje respectivo de tiempo observado, en relación al tiempo total en que fue realizada la medición.

CUADRO 57. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloques	60	12,88%
	Colocando mortero	59	12,66%
	Rellenando sisas	48	10,30%
	Rellenando celdas	34	7,30%
	Preparando concreto	40	8,58%
	Colocando acero horizontal	4	0,86%
	Colocando amarras	23	4,94%
	Cortando bloque	3	0,64%
	Picando bloque	3	0,64%
TC	Midiendo	14	3,00%
	Transportando bloques	30	6,44%
	Transportando concreto	9	1,93%
	Transportando varillas	13	2,79%
	Mezclando mortero	12	2,58%
	Mezclando concreto	2	0,43%
	Limpiando balde	2	0,43%
TI	Moviendo estañon	6	1,29%
	Transportándose	45	9,66%
	Hablando	28	6,01%
	Esperando	13	2,79%
	Ocioso	2	0,43%
	Ausente	16	3,43%
TOTAL		466	100,00%

En la figura 95 se presentan los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas en este muestreo para el proceso en general, mientras que en la figura 96 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje de tiempo acumulado en que cada uno de los trabajadores realizó una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 97.

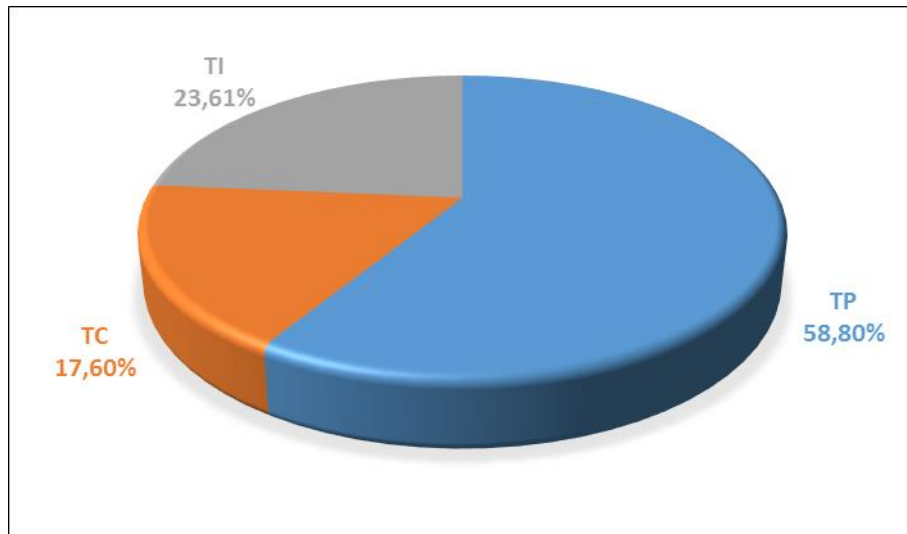


Figura 95. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 1.

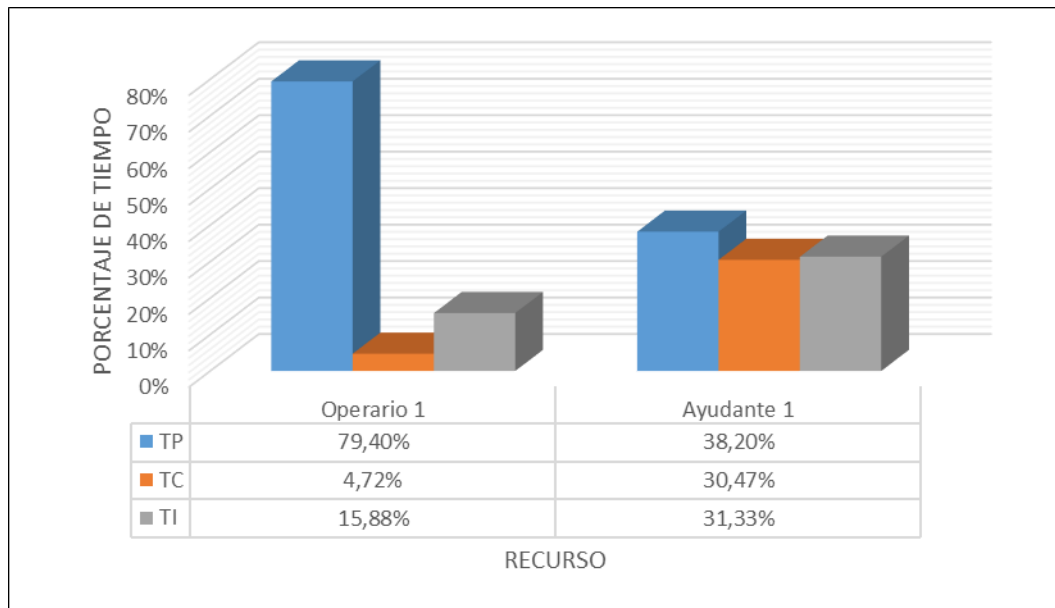


Figura 96. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 1.

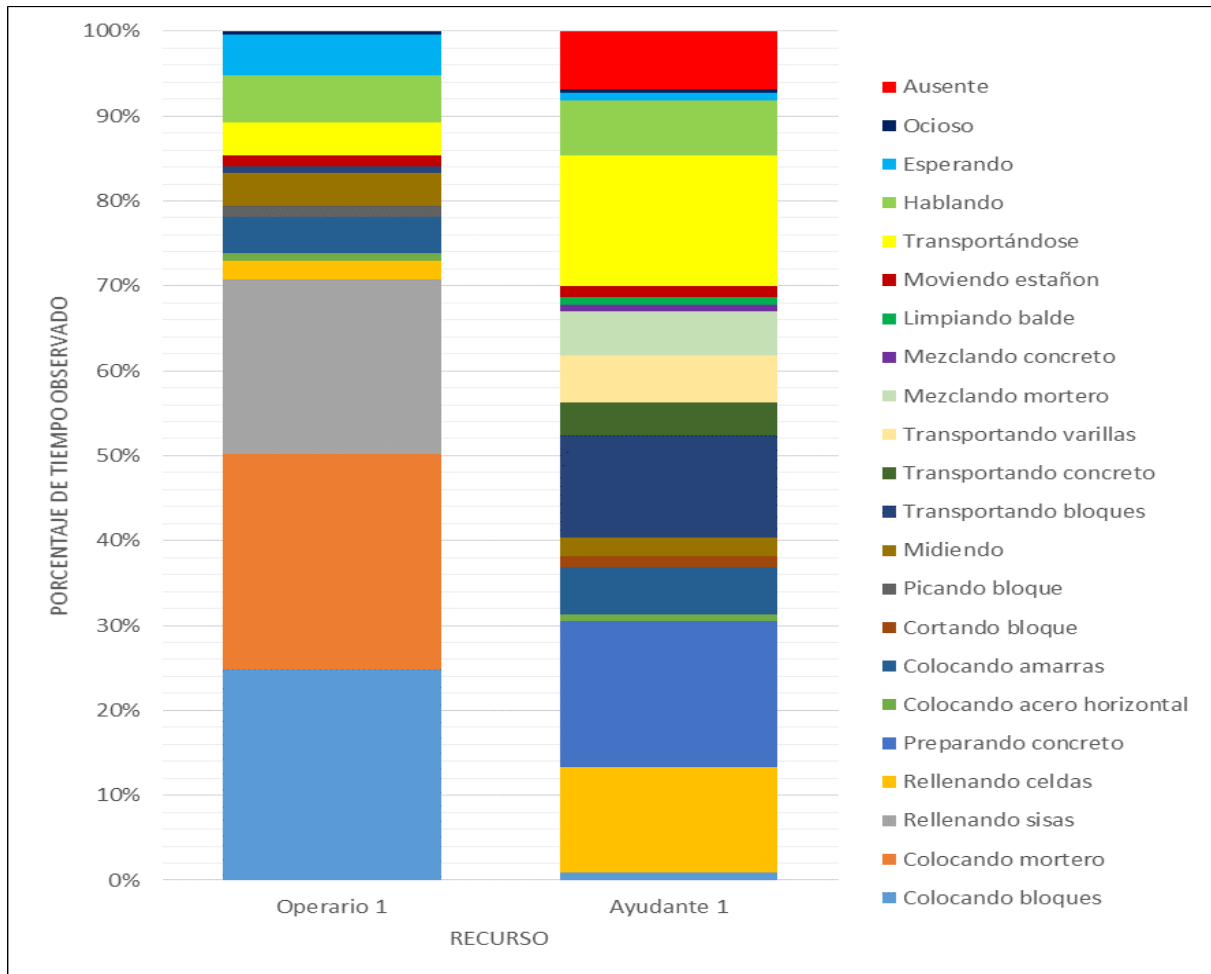


Figura 97. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 1.

MUESTREO 2 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

En el cuadro 58 se detalla la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, correspondiente a

día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 58. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	29/02/2016
Hora de inicio	02:00 p.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	592
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 59 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, clasificadas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo

improductivo (TI), además se presenta el porcentaje respectivo de tiempo observado, en relación al tiempo total en que fue realizada la medición.

CUADRO 59. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloques	76	12,84%
	Colocando mortero	55	9,29%
	Rellenando sisas	75	12,67%
	Rellenando celdas	38	6,42%
	Preparando mortero	42	7,09%
	Preparando concreto	28	4,73%
	Cortando bloque	7	1,18%
TC	Midiendo	8	1,35%
	Transportando bloques	19	3,21%
	Transportando mortero	2	0,34%
	Transportando concreto	11	1,86%
	Mezclando mortero	3	0,51%
	Mezclando concreto	8	1,35%
	Limpiando balde	1	0,17%
	Verificando nivel	24	4,05%
	Ajustando maestras	3	0,51%
	Subiendo línea guía	11	1,86%
TI	Moviendo estañon	4	0,68%
	Transportándose	51	8,61%
	Hablando	40	6,76%
	Esperando	26	4,39%
	Ocioso	29	4,90%
	Ausente	31	5,24%
TOTAL		592	100,00%

En la figura 98 se presentan los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas en este muestreo para el proceso en general, mientras que en la figura 99 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje de tiempo acumulado en que cada uno de los trabajadores realizó una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 100.

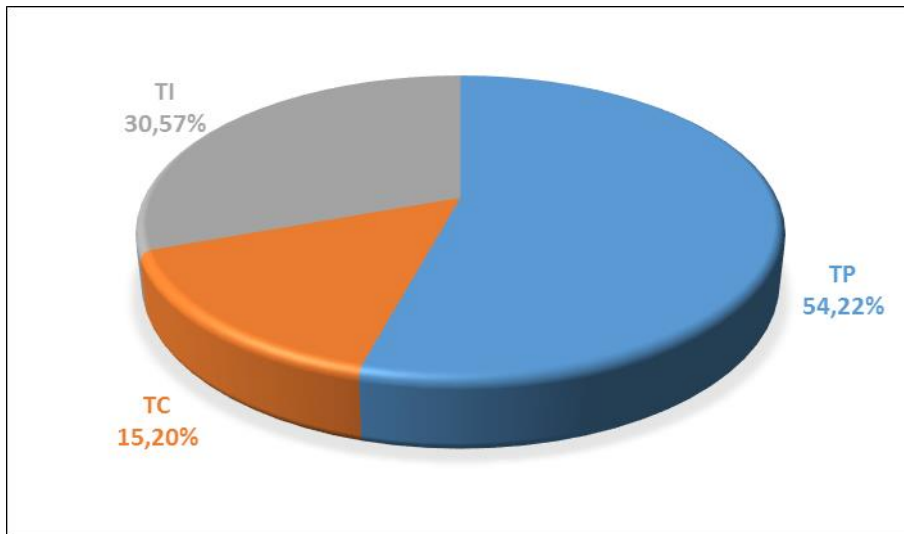


Figura 98. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 2.

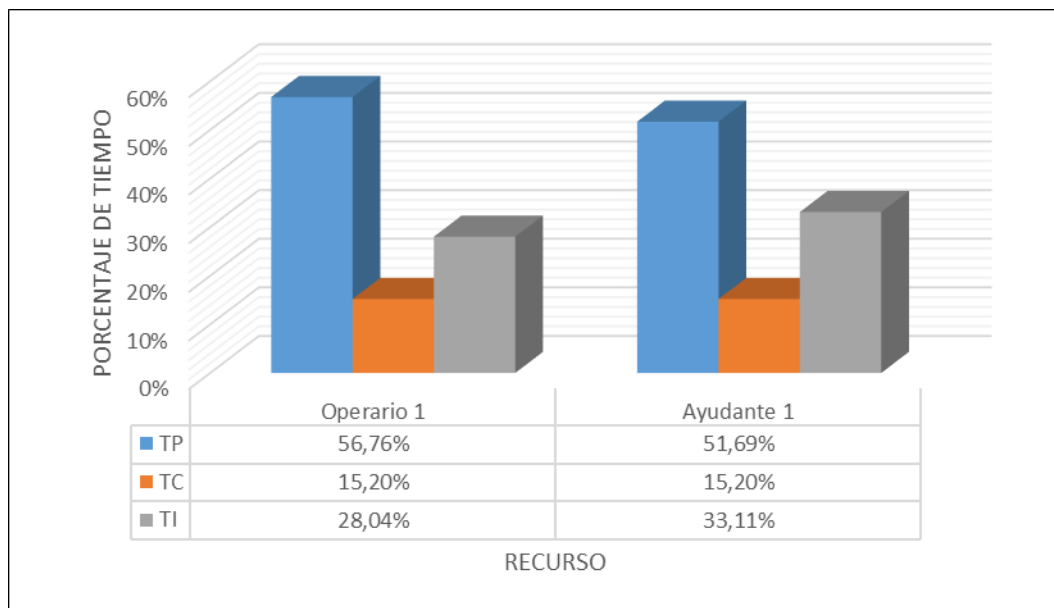


Figura 99. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 2.

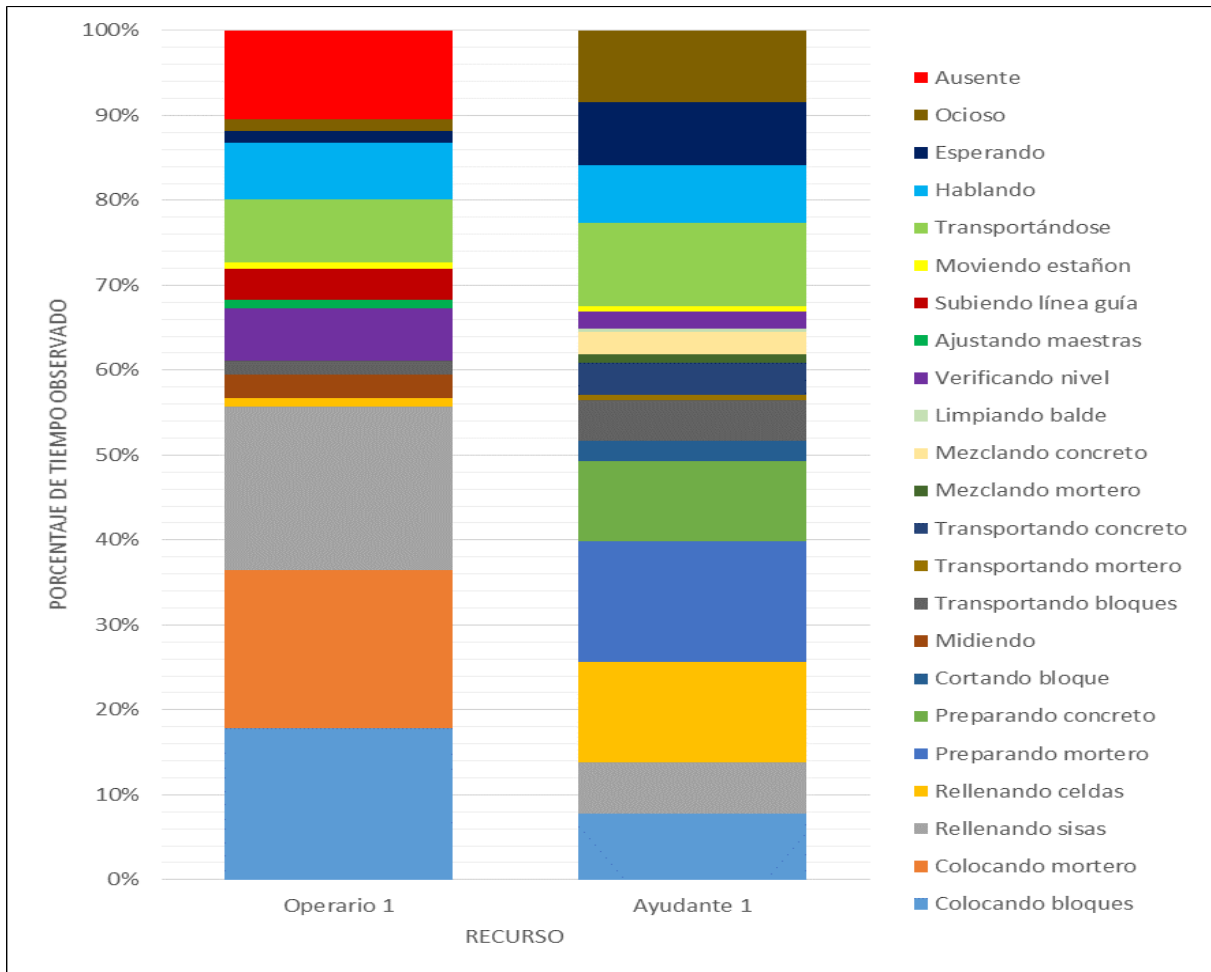


Figura 100. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 2.

MUESTREO 3 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

En el cuadro 60 se detalla la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, correspondiente a

día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 60. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	01/03/2016
Hora de inicio	10:00 a.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	502
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 61 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, clasificadas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo

improductivo (TI), además se presenta el porcentaje respectivo de tiempo observado, en relación al tiempo total en que fue realizada la medición.

CUADRO 61. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloques	64	12,75%
	Colocando mortero	39	7,77%
	Rellenando sisas	59	11,75%
	Rellenando celdas	45	8,96%
	Preparando mortero	71	14,14%
	Preparando concreto	37	7,37%
TC	Midiendo	4	0,80%
	Transportando bloques	34	6,77%
	Transportando mortero	5	1,00%
	Transportando concreto	4	0,80%
	Mezclando mortero	9	1,79%
	Mezclando concreto	2	0,40%
TI	Transportándose	34	6,77%
	Hablando	45	8,96%
	Esperando	34	6,77%
	Ocioso	16	3,19%
TOTAL		502	100,00%

En la figura 101 se presentan los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas en este muestreo para el proceso en general, mientras que en la figura 102 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje de tiempo acumulado en que cada uno de los trabajadores realizó una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 103.

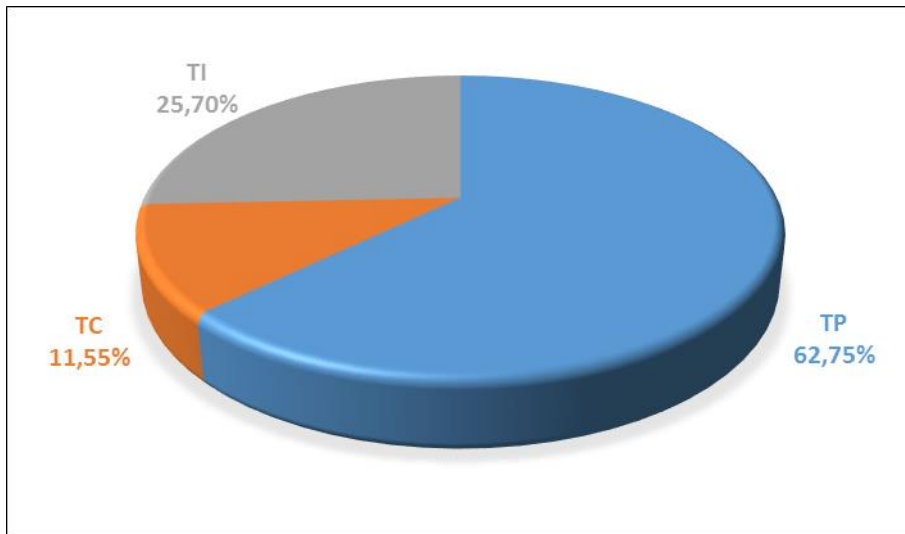


Figura 101. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 3.

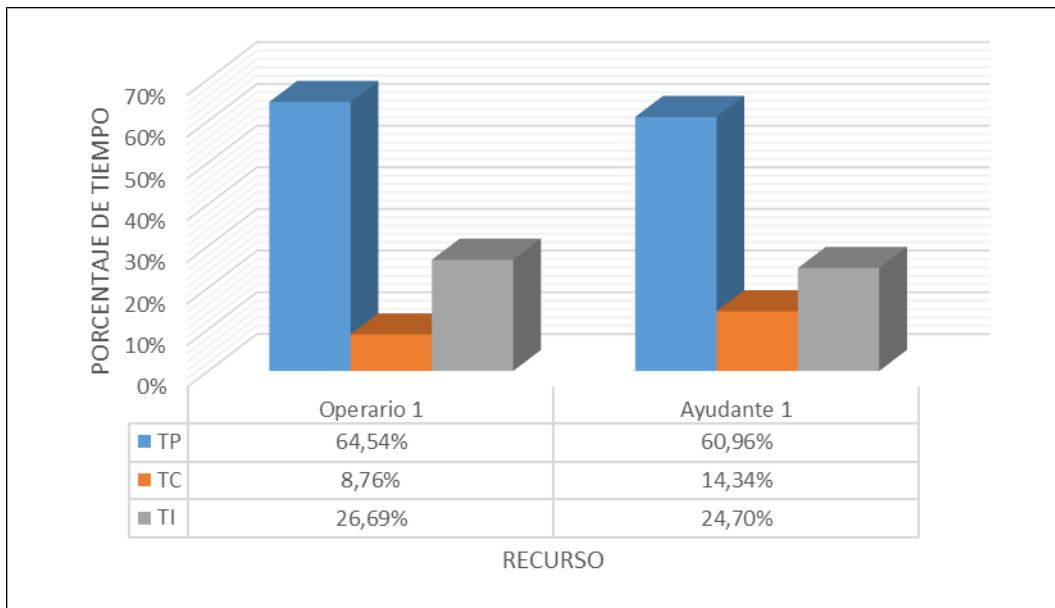


Figura 102. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 3.

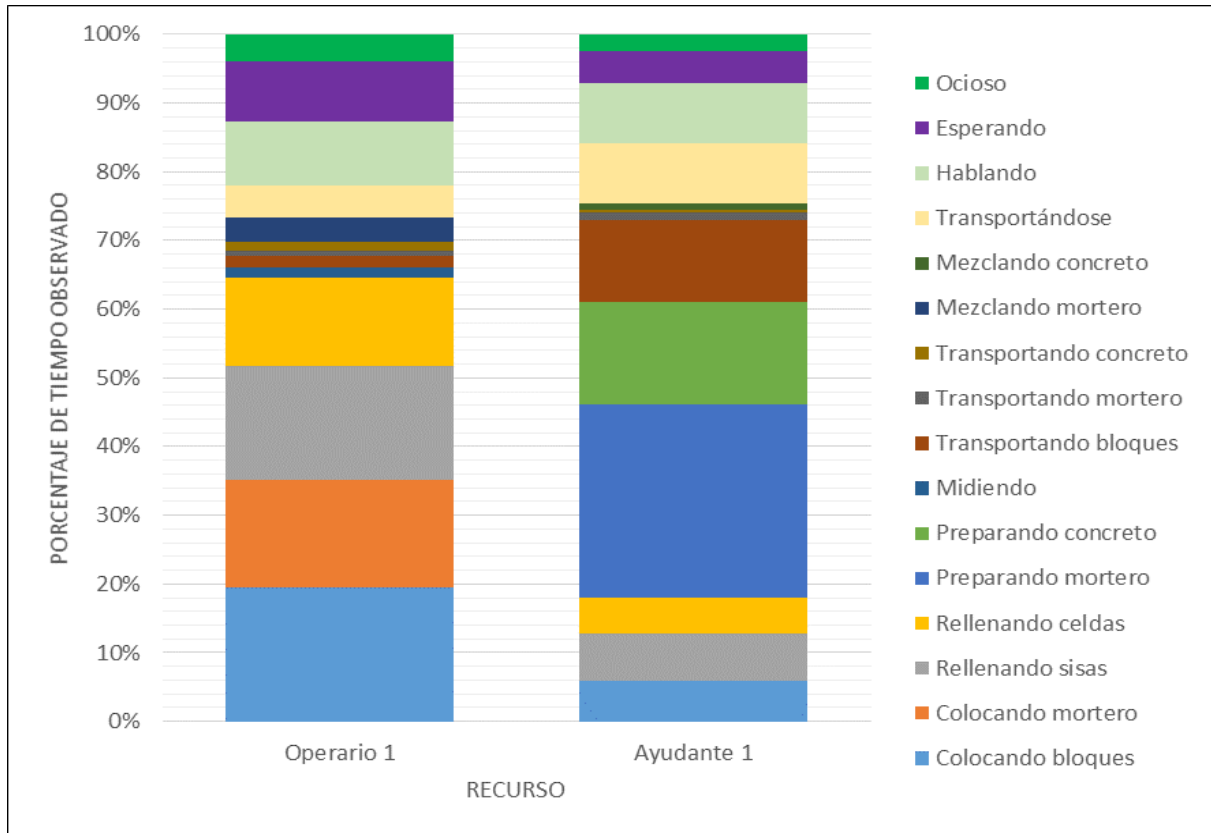


Figura 103. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 3.

MUESTREO 4 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

En el cuadro 62 se detalla la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, correspondiente a

día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 62. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	01/03/2016
Hora de inicio	01:30 p.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	502
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 63 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, clasificadas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo

improductivo (TI), además se presenta el porcentaje respectivo de tiempo observado, en relación al tiempo total en que fue realizada la medición.

CUADRO 63. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloques	65	12,95%
	Colocando mortero	40	7,97%
	Rellenando sisas	42	8,37%
	Rellenando celdas	12	2,39%
	Preparando concreto	42	8,37%
	Colocando acero horizontal	66	13,15%
	Colocando amarras	39	7,77%
	Picando bloque	2	0,40%
TC	Midiendo	10	1,99%
	Transportando bloques	17	3,39%
	Transportando mortero	2	0,40%
	Mezclando mortero	6	1,20%
	Subiendo línea guía	41	8,17%
TI	Quitando acero horizontal	18	3,59%
	Transportándose	30	5,98%
	Hablando	15	2,99%
	Esperando	28	5,58%
	Ocioso	22	4,38%
	Ausente	5	1,00%
TOTAL		502	100,00%

En la figura 104 se presentan los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas en este muestreo para el proceso en general, mientras que en la figura 105 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje de tiempo acumulado en que cada uno de los trabajadores realizó una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 106.

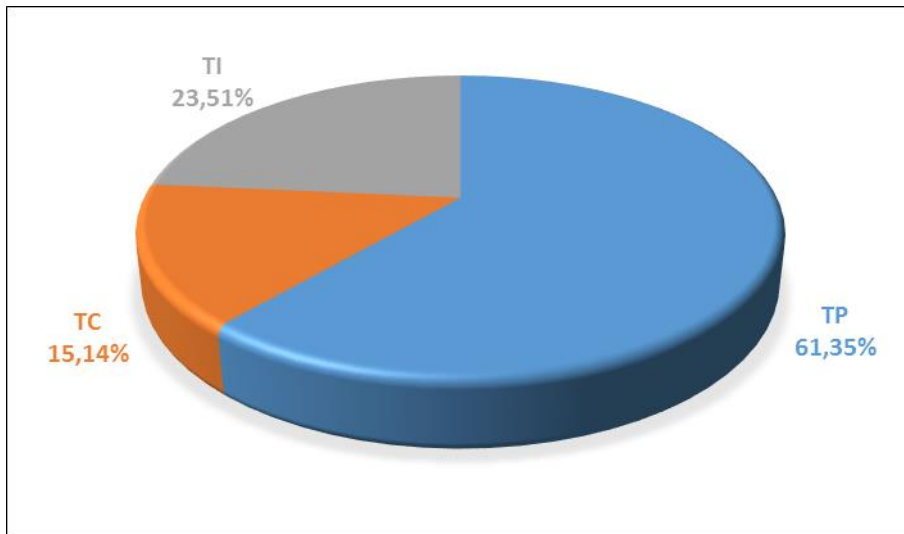


Figura 104. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 4.

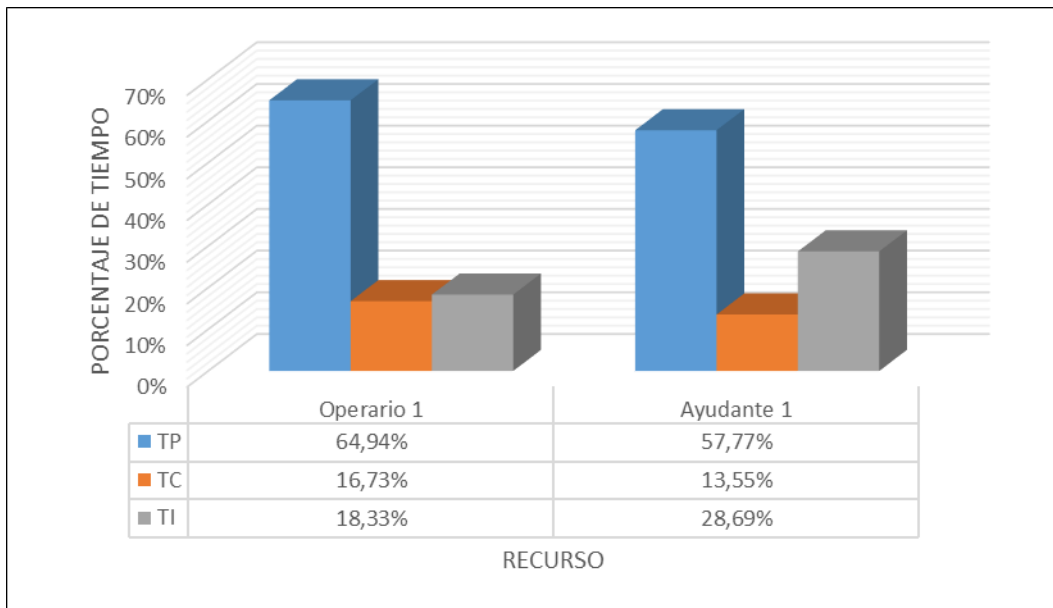


Figura 105. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 4.

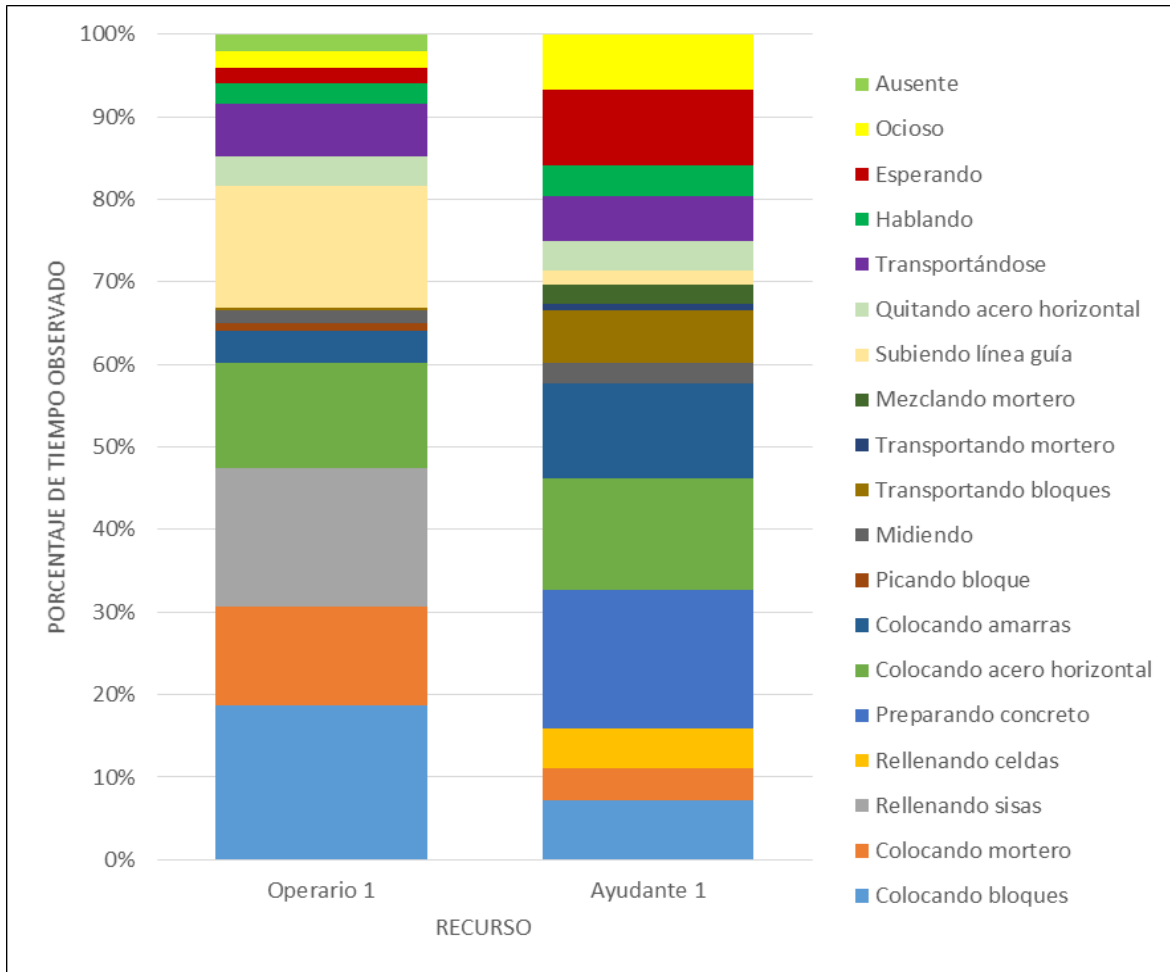


Figura 106. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 4.

MUESTREO 5 CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

En el cuadro 64 se detalla la información general sobre las condiciones bajo las cuales fue desarrollado este muestreo, correspondiente a

día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 64. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	02/03/2016
Hora de inicio	07:30 a.m.
Temperatura	22 °C
Total de observaciones	482
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 65 se mencionan las tareas que realizaron los trabajadores durante este muestreo, clasificadas de acuerdo a la categorización de trabajo como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo

improductivo (TI), además se presenta el porcentaje respectivo de tiempo observado, en relación al tiempo total en que fue realizada la medición.

CUADRO 65. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando bloques	66	13,69%
	Colocando mortero	40	8,30%
	Rellenando sisas	94	19,50%
	Rellenando celdas	29	6,02%
	Picando bloque	4	0,83%
TC	Midiendo	32	6,64%
	Transportando bloques	13	2,70%
	Transportando mortero	10	2,07%
	Transportando concreto	5	1,04%
	Mezclando mortero	16	3,32%
	Mezclando concreto	10	2,07%
	Limpiando balde	6	1,24%
TI	Subiendo línea guía	15	3,11%
	Transportándose	39	8,09%
	Hablando	32	6,64%
	Esperando	22	4,56%
	Ocioso	49	10,17%
TOTAL		482	100,00%

En la figura 107 se presentan los niveles de productividad obtenidos a partir de las mediciones realizadas en este muestreo para el proceso en general, mientras que en la figura 108 se detallan los niveles de productividad de cada trabajador.

El gráfico Crew balance en donde es posible establecer el porcentaje de tiempo acumulado en que cada uno de los trabajadores realizó una determinada tarea, se puede apreciar en la figura 109.

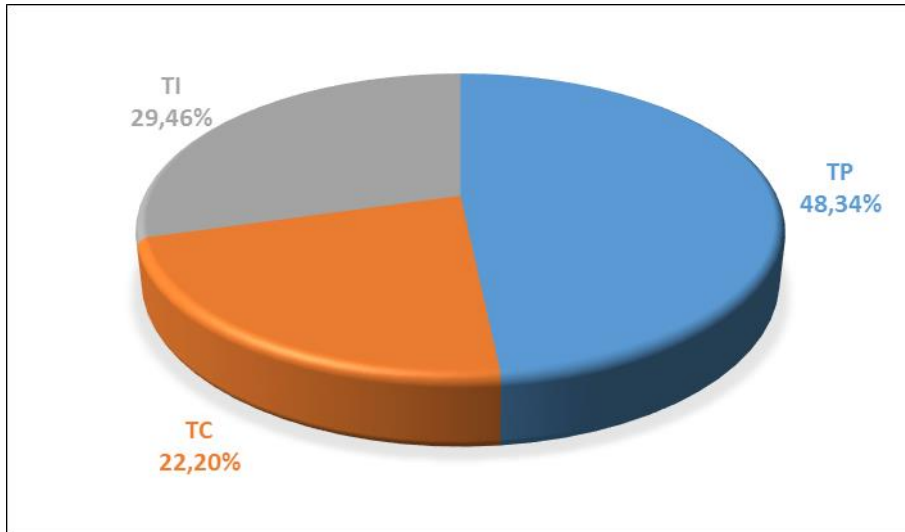


Figura 107. Niveles productividad observados en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 5.

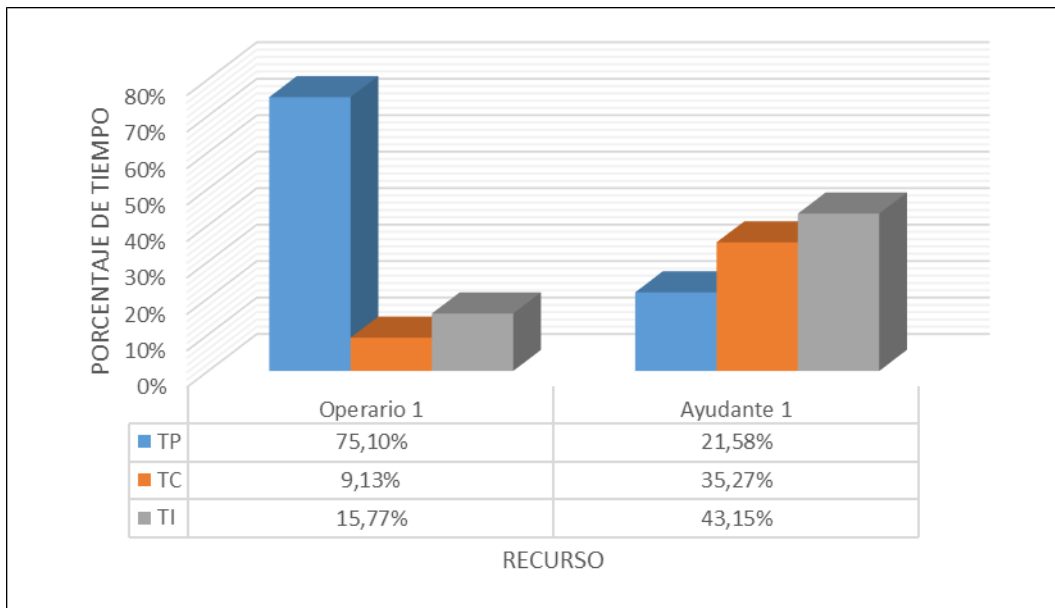


Figura 108. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 5.

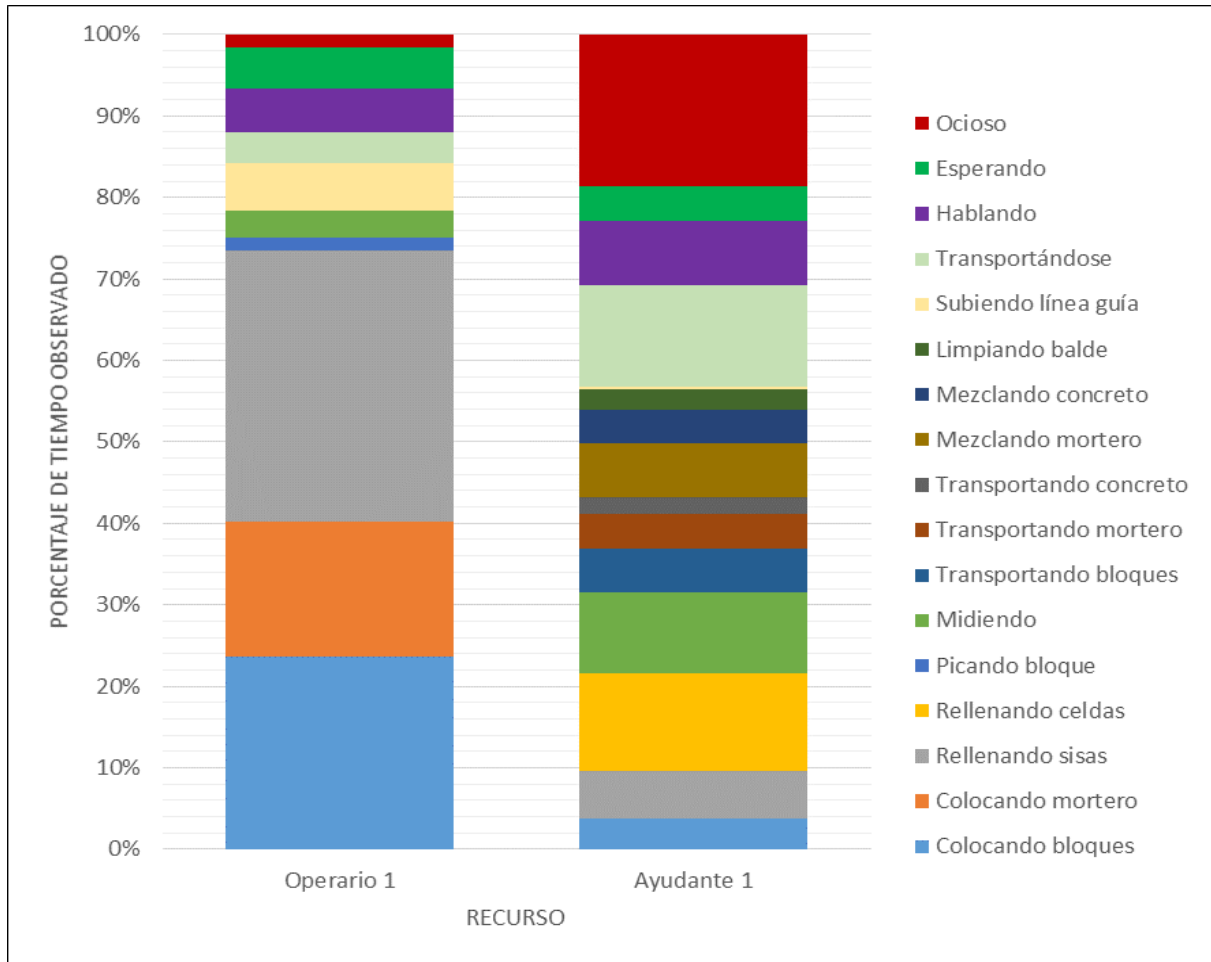


Figura 109. Gráfico Crew balance para el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto, muestreo 5.

RENDIMIENTO CONSTRUCCIÓN DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO

Los rendimientos generales para la cuadrilla, obtenidos para esta actividad, se encuentran en el cuadro 66 representados como horas hombre por metro cuadrado correspondiente al área de bloques de concreto colocados, y en el cuadro 67

se presentan los rendimientos obtenidos por cada tipo de trabajador expresados como horas operario y horas ayudante, que se encuentran detallados en el Apéndice F.

CUADRO 66. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:58:00	0,967	2	1,933	1,340	1,443
2	01:13:45	1,229	2	2,458	1,132	2,172
3	01:02:30	1,042	2	2,083	0,886	2,351
4	01:02:30	1,042	2	2,083	0,810	2,572
5	01:00:00	1,000	2	2,000	1,008	1,984
Rendimiento promedio						2,104
Desviación Estándar						0,429
Coeficiente de Variación						0,204
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						2,313

CUADRO 67. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	1,157	HO/m ²
Rf (Ayudante)	1,157	HA/m ²

Finalmente, en la figura 110 se presenta la variación de los rendimientos generales obtenidos anteriormente, respecto a los niveles

de productividad para cada muestreo, que varían de acuerdo al día, la hora y la temperatura.

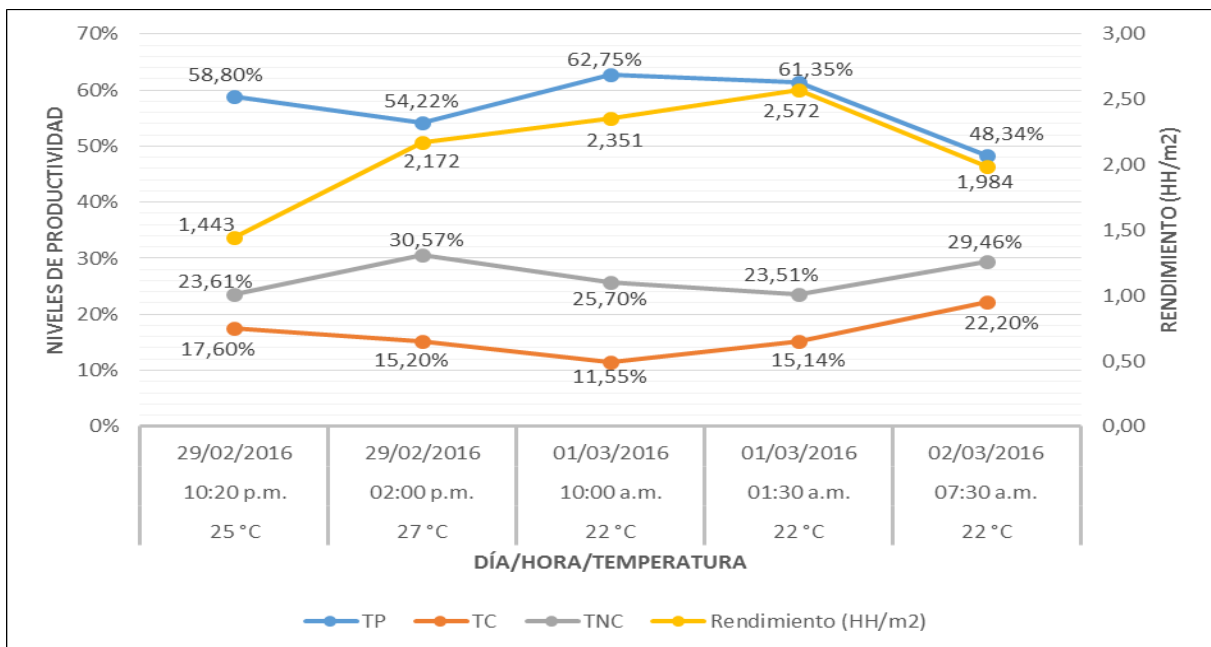


Figura 110. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de construcción de paredes de bloques de concreto.

Viga corona de concreto reforzado

En la figura 111 se muestra el diagrama de flujo que describe los procesos generales para la actividad de viga corona de concreto reforzado.

Para esta actividad se analizaron los procesos de armado del acero, colocación del acero, encofrado y preparación de concreto, para el proceso de colado de la viga no se pudieron realizar muestreos de trabajo pero si se obtuvieron rendimientos.

En el cuadro 68 se muestran los recursos necesarios para cada uno de estos procesos.

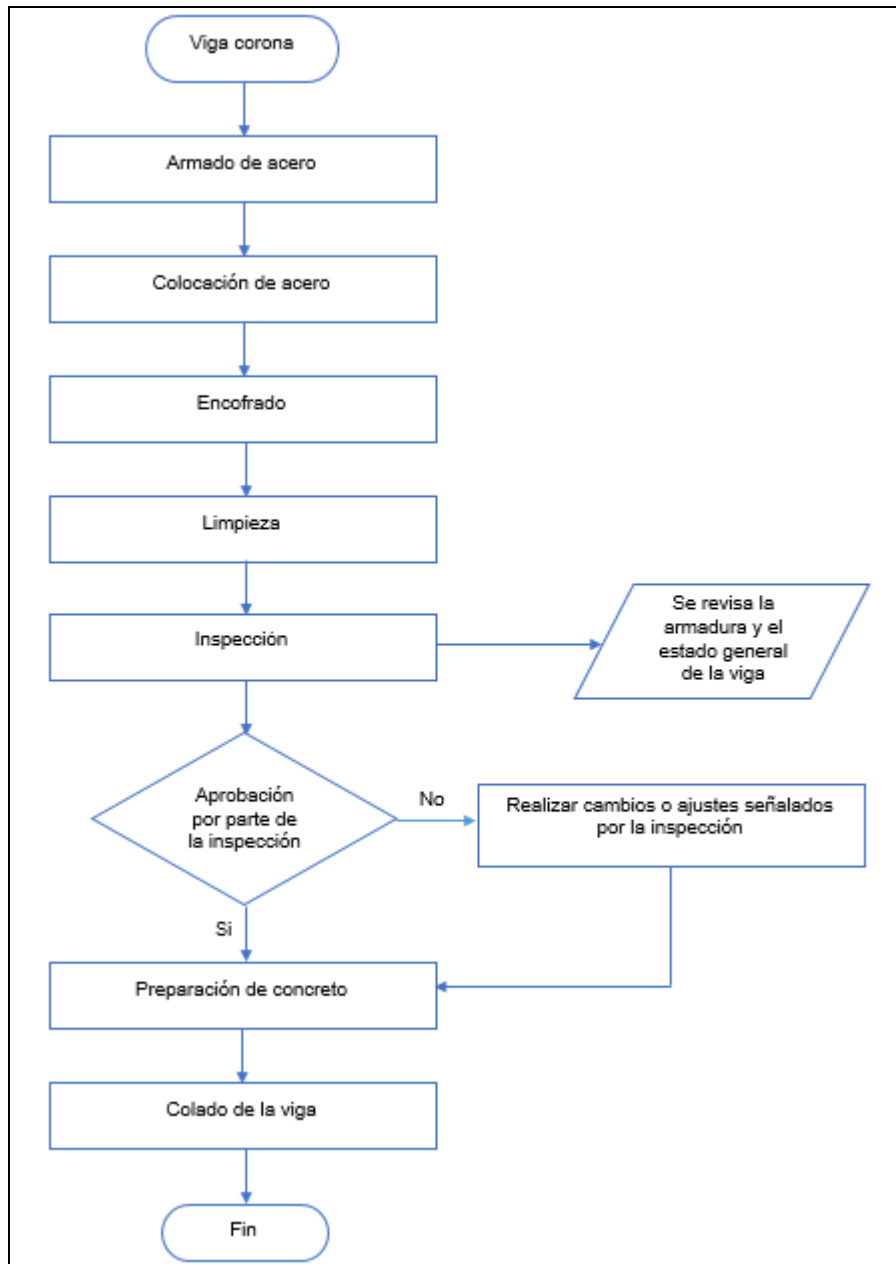


Figura 111. Diagrama de flujo general para la actividad viga corona de concreto reforzado.

CUADRO 68. RECURSOS PARA LOS PROCESOS ANALIZADOS EN LA ACTIVIDAD PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO			
Procesos	Recursos		
	Cuadrilla	Materiales	Equipo
Armado del acero	2 Operarios 1 Ayudante	Varillas #2 Varillas #3 Varillas #4 Varillas #5	Mesa de armado Máquina cortadora Grifas
Colocación del acero	1 Operario 1 Ayudante	Aros #2 Aros #3 Varillas #3 Varillas #4 Varillas #5 Alambre negro Helados	Andamios Grifas Tenazas Martillo Cinta métrica
Encofrado	1 Operario 2 Ayudantes	Paneles de formaleta Llaves Ties Helados Desmoldante Madera Alambre negro Clavos	Andamios Taladro Rodillo con espuma Martillo Cinta métrica Tenaza Sierra Nivel
Preparación de concreto	2 Operarios 2 Ayudantes	Piedra Arena Cemento Agua Aditivo	Batidora Backhoe
Colado de la viga	2 Operarios 3 Ayudantes	Concreto Agua	Manitou Vibrador Mazo Cuchara Llaneta Manguera

Armado del acero

En la figura 112 se muestra el diagrama de flujo para el proceso de armado del acero correspondiente a la actividad de viga corona de concreto reforzado.

Para este proceso se realizaron dos muestreos de trabajo, seguido del diagrama de flujo, se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos de cada uno de ellos.

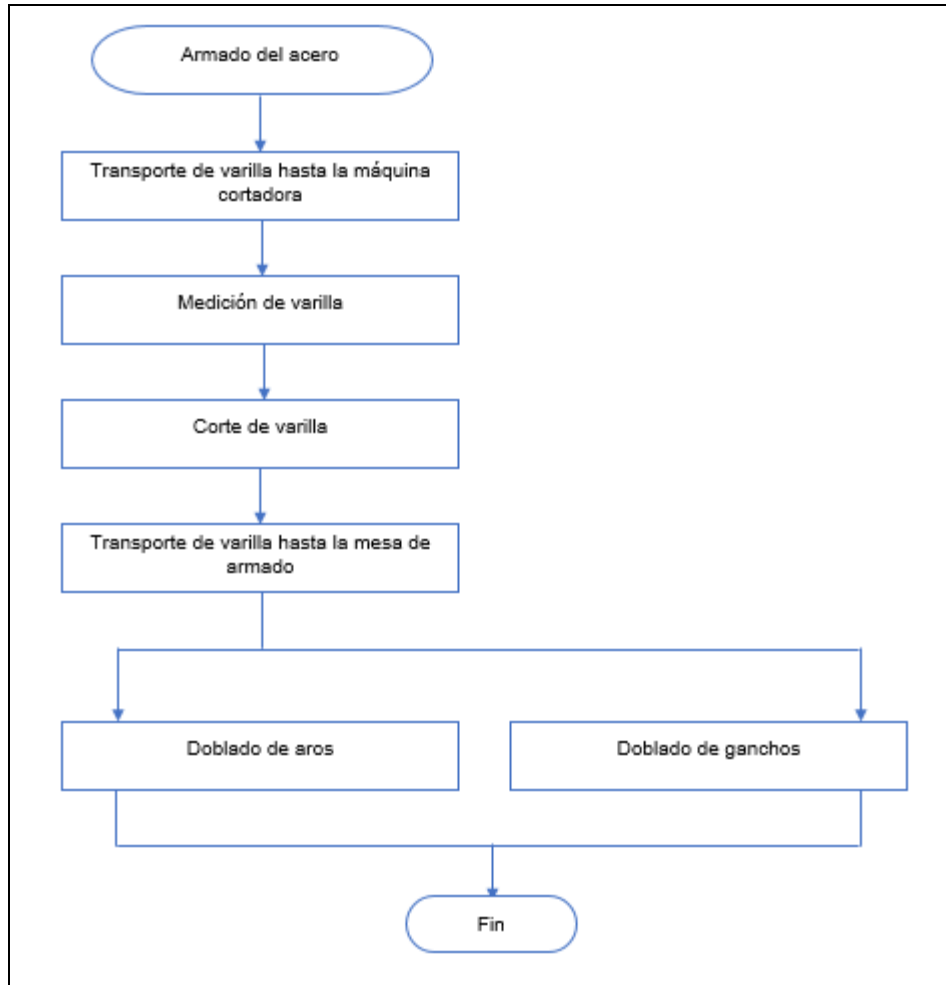


Figura 112. Diagrama de flujo para el proceso de armado del acero para viga corona.

MUESTREO 1 ARMADO DEL ACERO

En el cuadro 69 se muestran los detalles generales de las características bajo las cuales fue realizado este primer muestreo,

correspondiente a día de elaboración, hora de inicio, temperatura y cantidad y frecuencia de observaciones

CUADRO 69. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	02/03/2016
Hora de inicio	07:30 a.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	480
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 70 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo con su respectiva clasificación como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC),

trabajo improductivo (TI) y su porcentaje de tiempo observado.

CUADRO 70. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Doblando aros	193	40,21%
	Doblando ganchos	23	4,79%
	Cortando varillas	8	1,67%
TC	Transportando varillas	75	15,63%
	Midiendo	16	3,33%
	Arreglando máquina cortadora	5	1,04%
	Sosteniendo varilla	43	8,96%
TI	Transportándose	32	6,67%
	Hablando	52	10,83%
	Esperando	21	4,38%
	Ocioso	12	2,50%
TOTAL		480	100,00%

En las figura 113 se representan los niveles de productividad obtenidos durante este muestreo para el proceso general y en la figura 114 se detallan estos niveles de acuerdo al tipo de trabajador.

El gráfico de Crew balance para este muestreo se presenta en las figura 115, en donde se aprecia el porcentaje del tiempo de cada trabajador dedicado a la realización de las tareas.

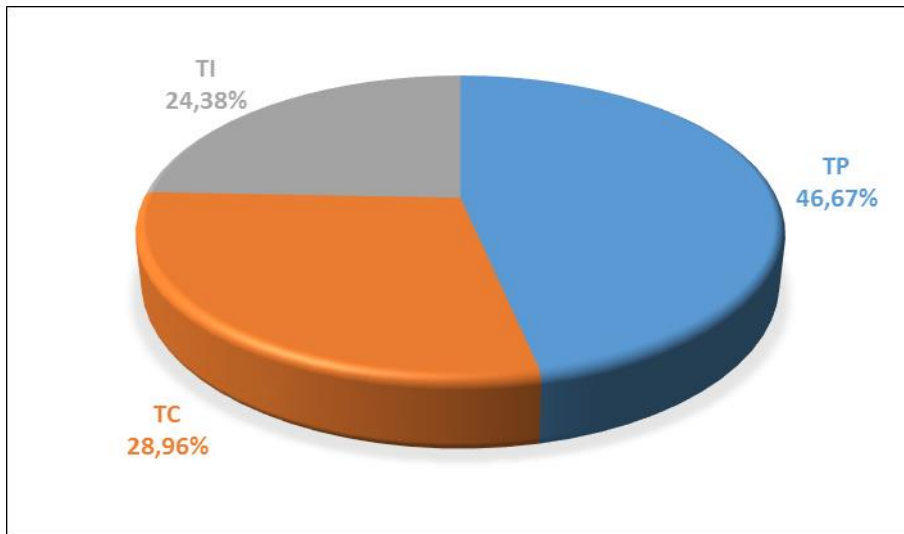


Figura 113. Niveles productividad observados en el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 1.

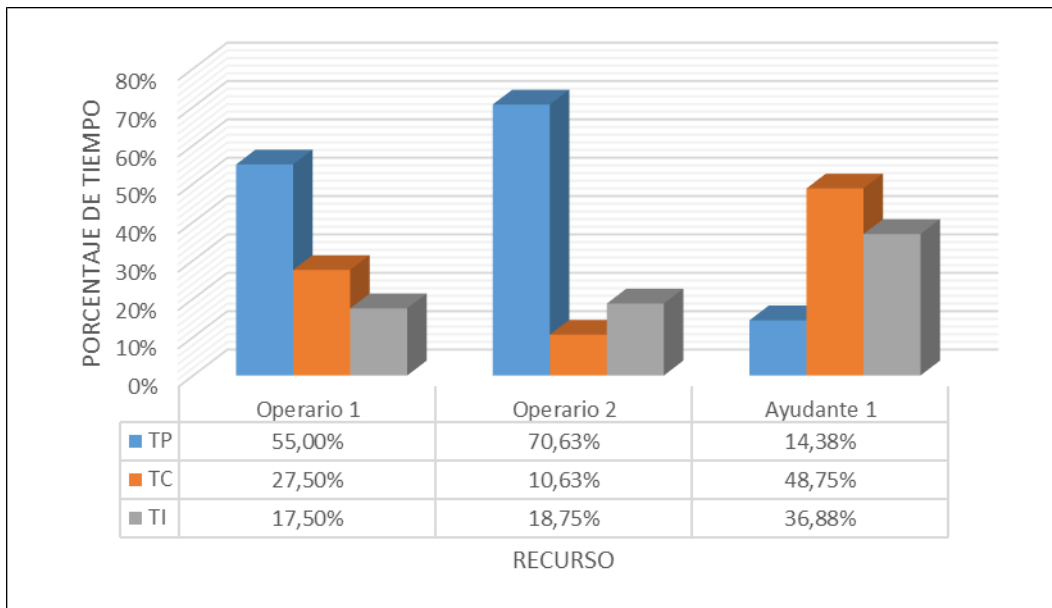


Figura 114. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 1.

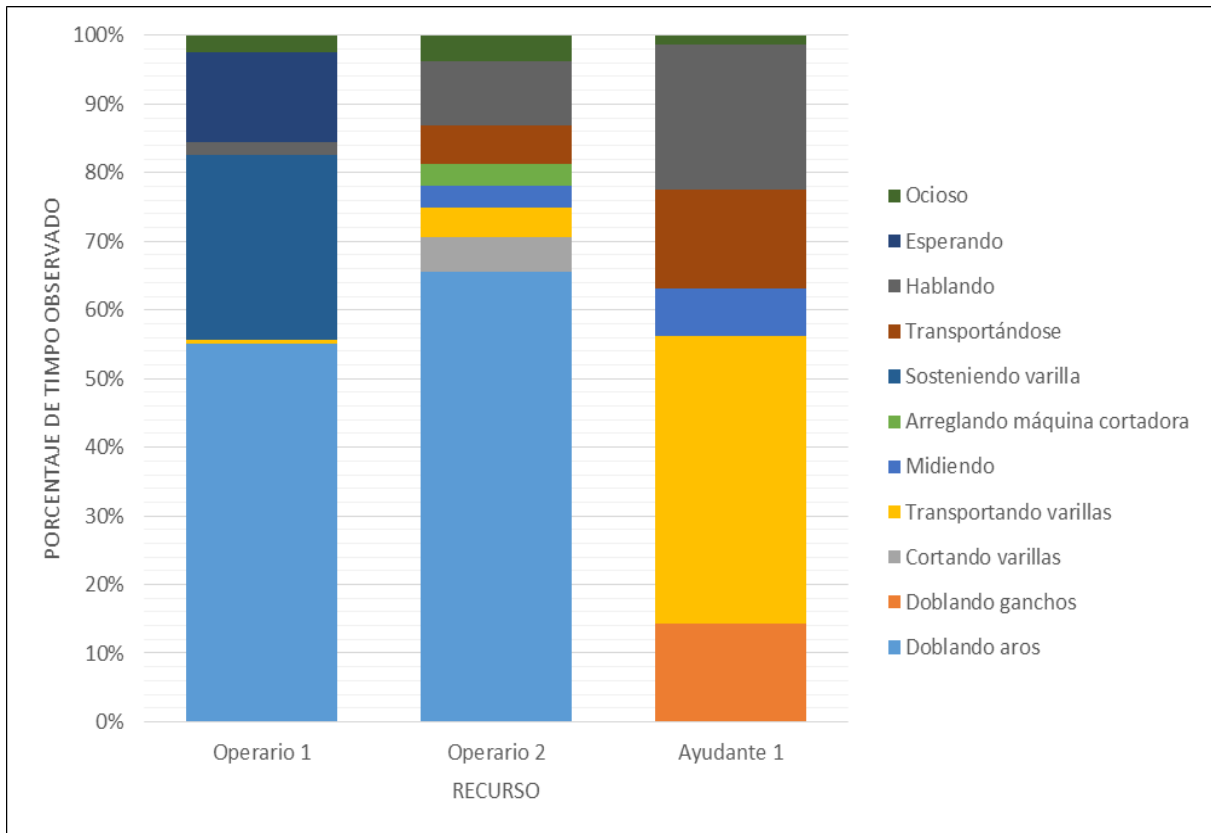


Figura 115. Gráfico Crew balance para el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 1.

MUESTREO 2 ARMADO DEL ACERO

En el cuadro 71 se muestran los detalles generales de las características bajo las cuales fue realizado este segundo muestreo,

correspondiente a día de elaboración, hora de inicio, temperatura y cantidad y frecuencia de observaciones

CUADRO 71. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	02/03/2016
Hora de inicio	01:30 p.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	387
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 72 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo con su respectiva clasificación como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC),

trabajo improductivo (TI) y su porcentaje de tiempo observado.

CUADRO 72. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Doblando aros	179	46,25%
	Doblando ganchos	7	1,81%
	Cortando varillas	55	14,21%
TC	Transportando varillas	60	15,50%
	Midiendo	7	1,81%
TNP	Transportándose	23	5,94%
	Hablando	32	8,27%
	Esperando	9	2,33%
	Ocioso	15	3,88%
TOTAL		387	100,00%

En las figura 116 se representan los niveles de productividad obtenidos durante este muestreo para el proceso general y en la figura 117 se detallan estos niveles de acuerdo al tipo de trabajador.

El gráfico de Crew balance para este muestreo se presenta en las figura 118, en donde se aprecia el porcentaje del tiempo de cada trabajador dedicado a la realización de las tareas.

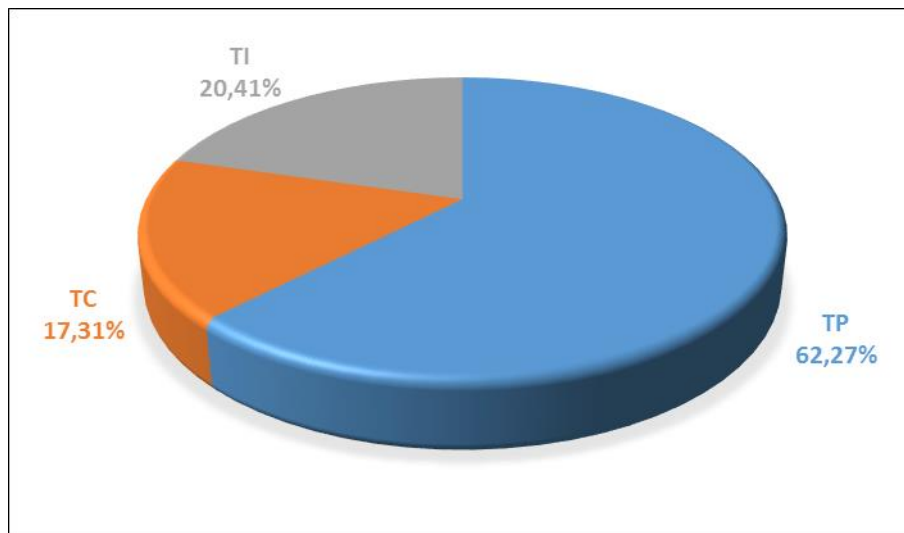


Figura 116. Niveles productividad observados en el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 2.

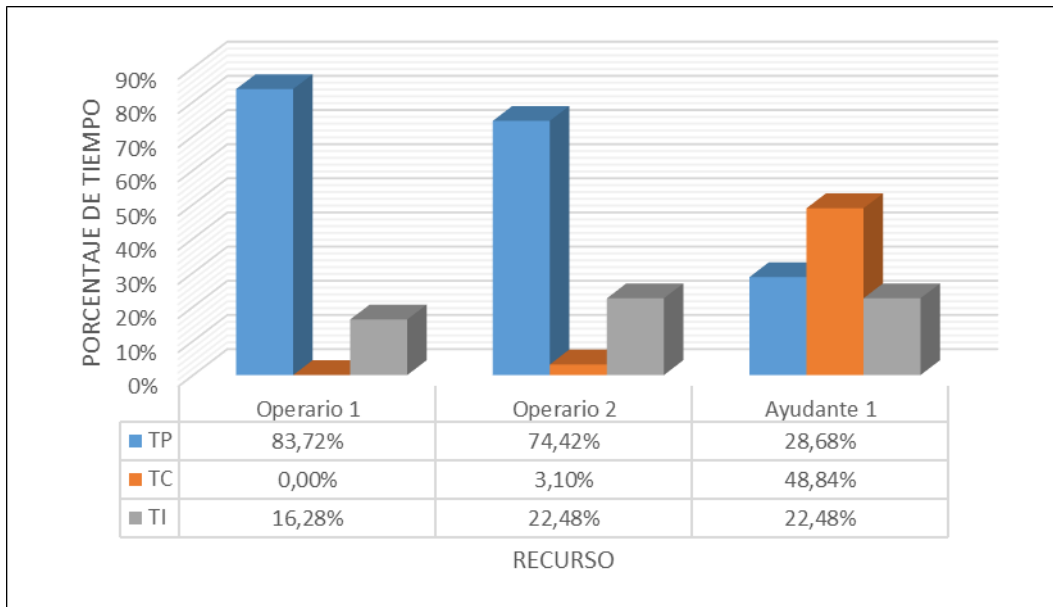


Figura 117. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 2.

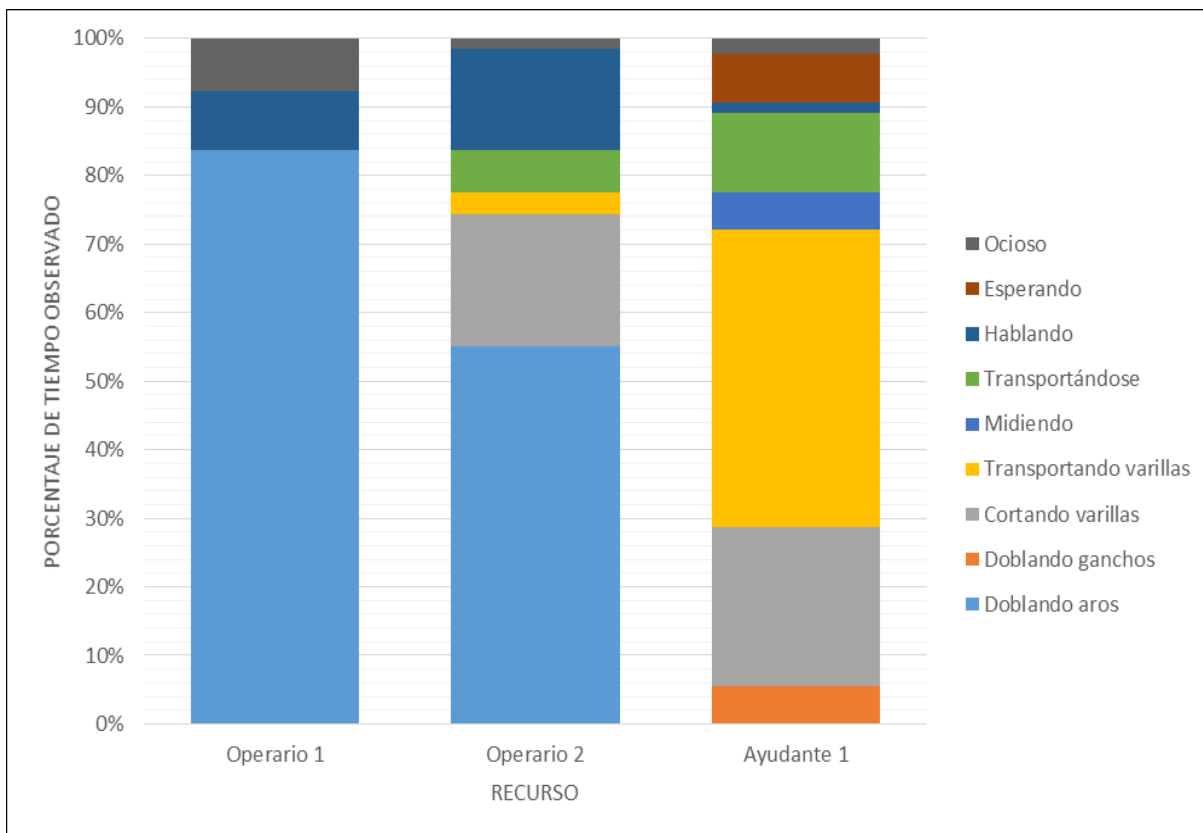


Figura 118. Gráfico Crew balance para el proceso de armado del acero para viga corona, muestreo 2.

RENDIMIENTO ARMADO DEL ACERO

El cuadro 73 hace referencia al rendimiento general obtenido para el proceso en horas hombre por kilogramo de acero armado por el total de trabajadores, representado como horas

operario y horas ayudante en el cuadro 74 el cual se encuentra detallado en el Apéndice F.

CUADRO 73. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	00:39:45	0,663	3	1,988	23,578	0,084
2	00:32:00	0,533	3	1,600	20,792	0,077
Rendimiento promedio						0,081
Desviación Estándar						0,005
Coeficiente de Variación						0,064
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,089

CUADRO 74. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	0,059	HO/kg
Rf (Ayudante)	0,030	HA/kg

La figura 119 corresponde a la variación del rendimiento general con los niveles de productividad obtenidos de cada muestreo, de

acuerdo al día, la hora y el cambio de temperatura

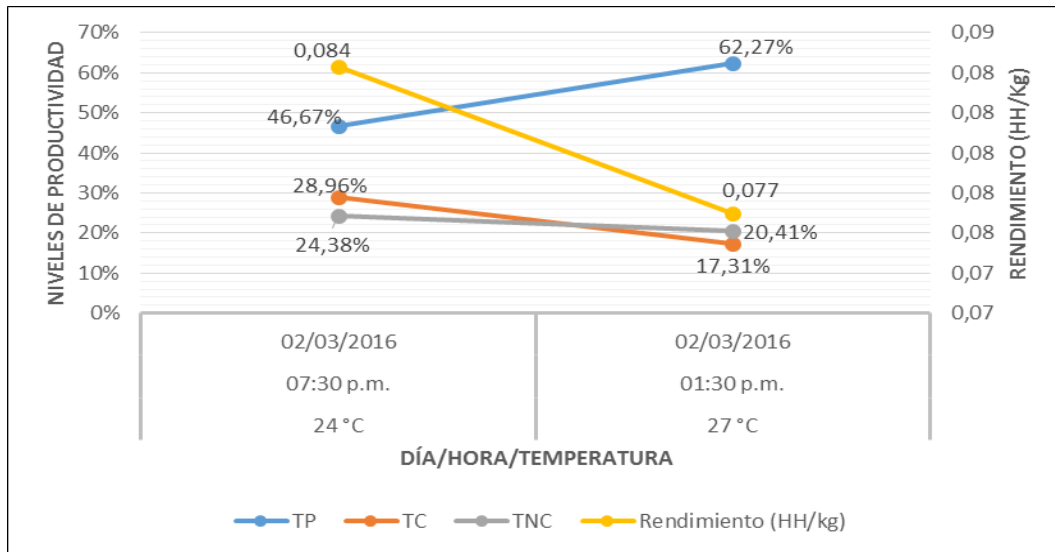
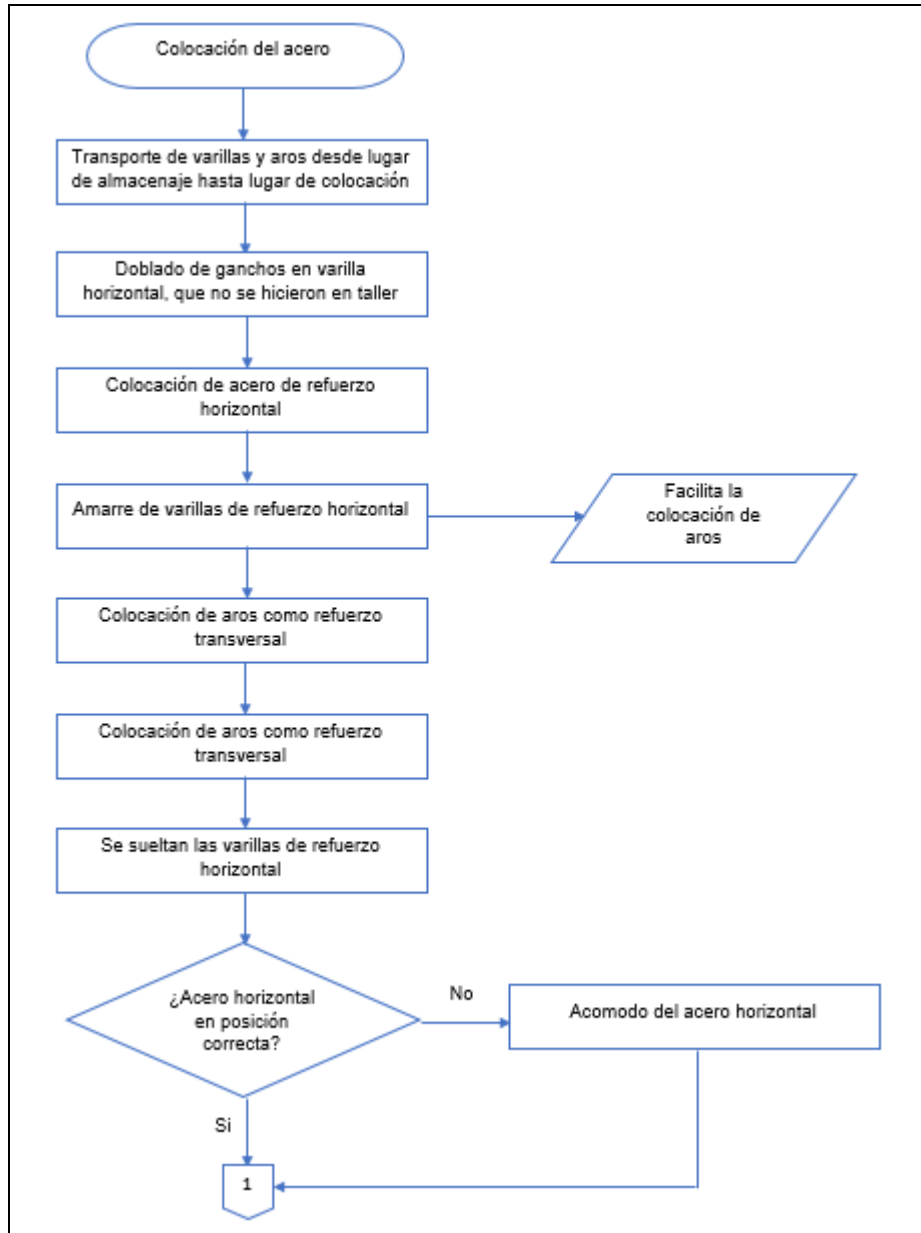


Figura 119. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de armado del acero para viga corona.

Colocación del acero

En la figura 120 se muestra el diagrama de flujo para el proceso de armado del acero correspondiente a la actividad de viga corona de concreto reforzado.

Para este proceso se realizaron dos muestreos de trabajo, seguido del diagrama de flujo, se muestran los resultados de productividad y rendimientos obtenidos de cada uno de ellos.



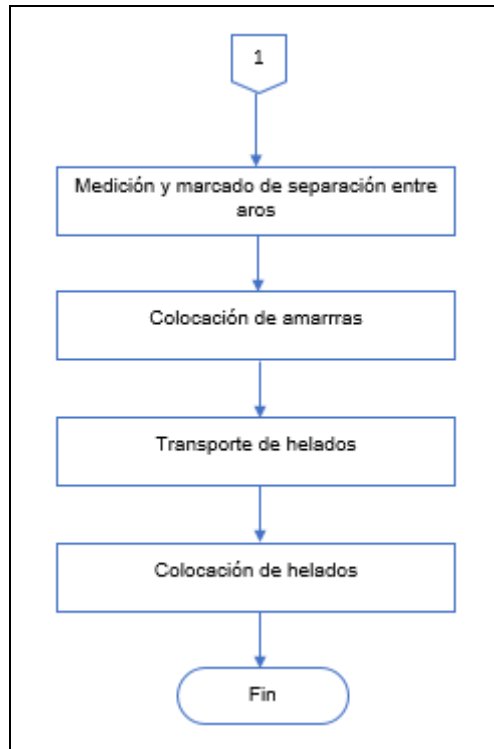


Figura 120. Diagrama de flujo para el proceso colocación del acero en viga corona.

MUESTREO 1 COLOCACIÓN DEL ACERO

En el cuadro 75 se encuentran los detalles generales de la realización del primer muestreo de colocación del acero para viga corona, correspondiente a día de elaboración, hora de

inicio, temperatura y cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 75. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	07/03/2016
Hora de inicio	09:30 a.m.
Temperatura	28 °C
Total de observaciones	750
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 76 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo con su respectiva clasificación como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC),

trabajo improductivo (TI) y su porcentaje de tiempo observado.

CUADRO 76. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando acero horizontal	29	3,87%
	Colocando aros	26	3,47%
	Colocando amarras	263	35,07%
	Colocando helados	30	4,00%
	Doblando ganchos	23	3,07%
	Acomodando acero horizontal	41	5,47%
TC	Transportando varillas	63	8,40%
	Transportando aros	39	5,20%
	Transportando helados	4	0,53%
	Sosteniendo acero horizontal	29	3,87%
	Sosteniendo aros	21	2,80%
	Amarrando varillas	29	3,87%
	Soltando varillas	6	0,80%
	Midiendo	19	2,53%
TI	Transportándose	70	9,33%
	Hablando	27	3,60%
	Esperando	25	3,33%
	Ocioso	6	0,80%
TOTAL		750	100,00%

En la figura 121 se tienen los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 122 se presentan estos mismos niveles pero por tipo de trabajador.

El gráfico Crew balance para este muestreo se presenta en la figura 123 de acuerdo a cada tipo de trabajador.

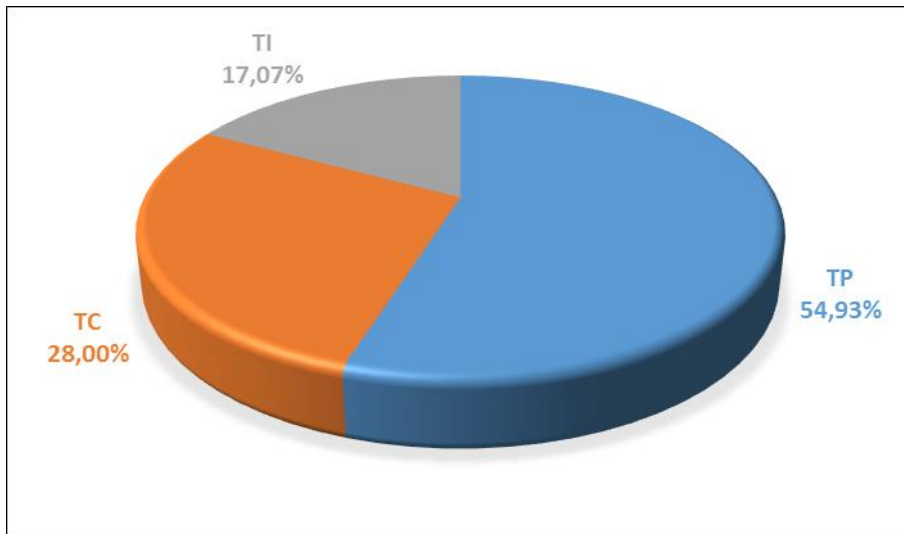


Figura 121. Niveles productividad observados en el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 1.

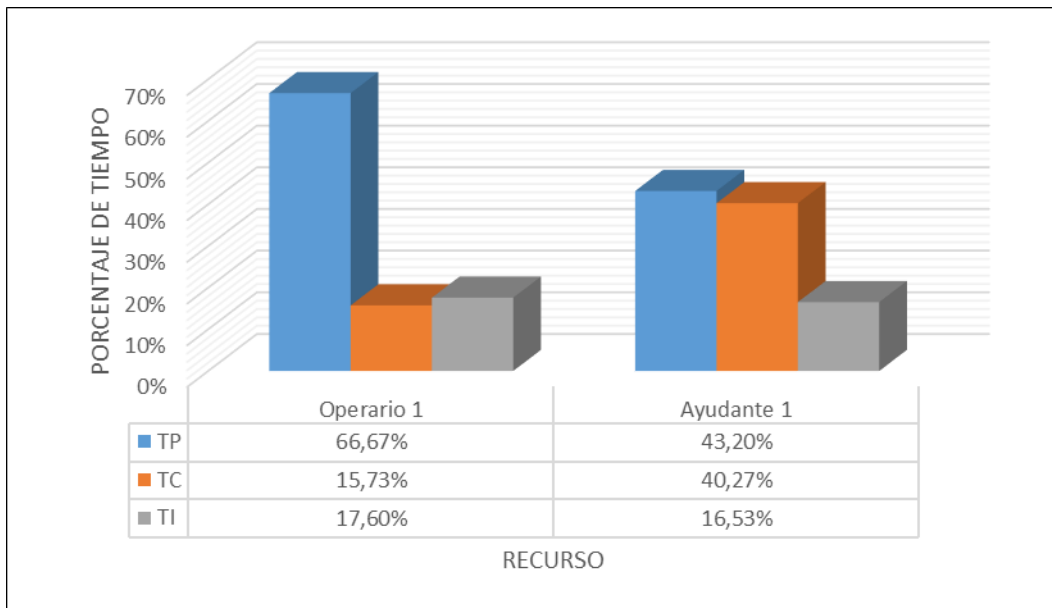


Figura 122. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 1.

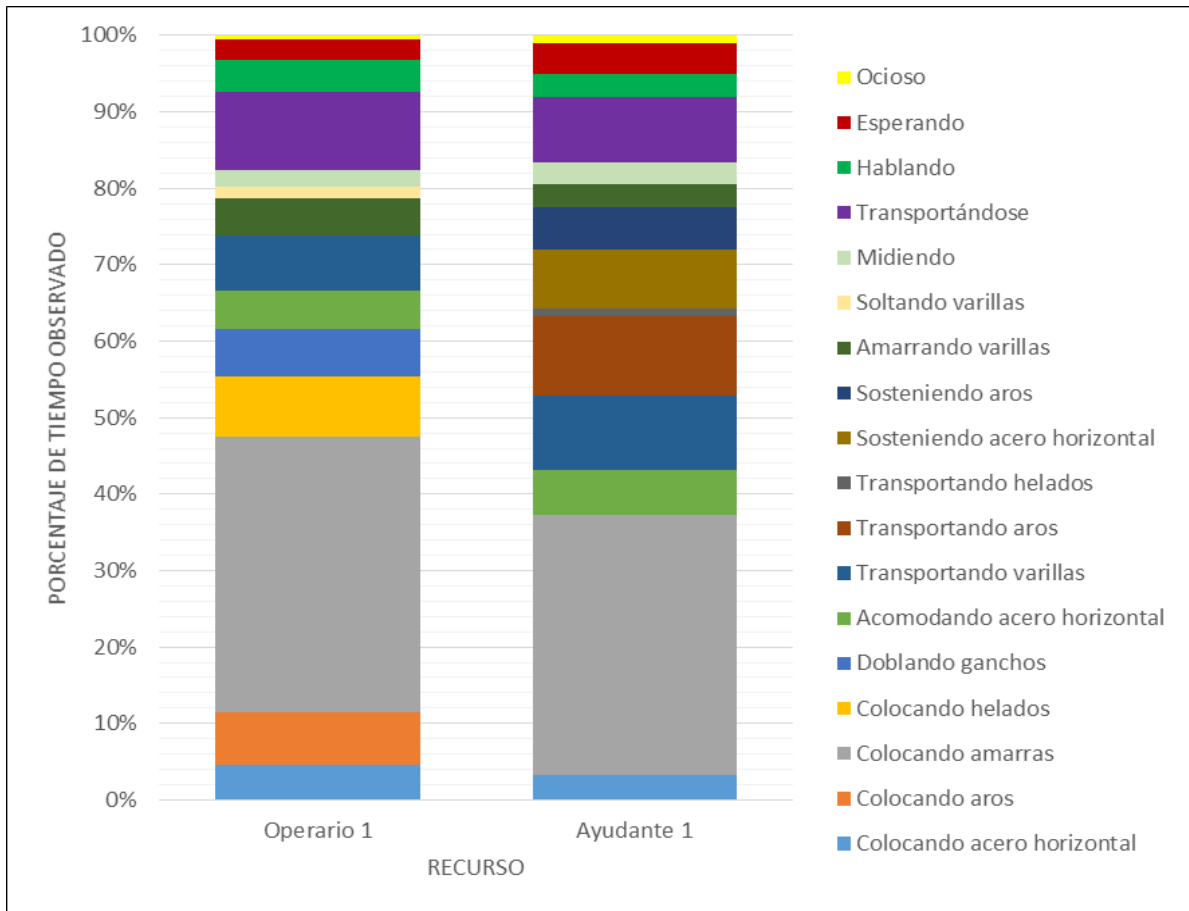


Figura 123. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 1.

MUESTREO 2 COLOCACIÓN DEL ACERO

En el cuadro 77 se encuentran los detalles generales de la realización del segundo muestreo de colocación del acero para viga corona, correspondiente a día de elaboración, hora de

inicio, temperatura y cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 77. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	08/03/2016
Hora de inicio	01:20 p.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	496
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 78 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo con su respectiva clasificación como trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC),

trabajo improductivo (TI) y su porcentaje de tiempo observado.

CUADRO 78. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando acero horizontal	64	12,90%
	Colocando aros	21	4,23%
	Colocando amarras	185	37,30%
	Colocando helados	8	1,61%
	Doblando ganchos	3	0,60%
	Acomodando acero horizontal	26	5,24%
TC	Transportando varillas	56	11,29%
	Transportando aros	8	1,61%
	Transportando helados	9	1,81%
	Sosteniendo acero horizontal	4	0,81%
	Sosteniendo aros	10	2,02%
	Amarrando varillas	19	3,83%
	Soltando varillas	8	1,61%
TI	Midiendo	21	4,23%
	Transportándose	26	5,24%
	Hablando	11	2,22%
	Esperando	15	3,02%
	Ocioso	2	0,40%
TOTAL		496	100,00%

En la figura 124 se tienen los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 125 se presentan estos mismos niveles pero por tipo de trabajador.

El gráfico Crew balance para este muestreo se presenta en las figura 126 de acuerdo a cada tipo de trabajador.

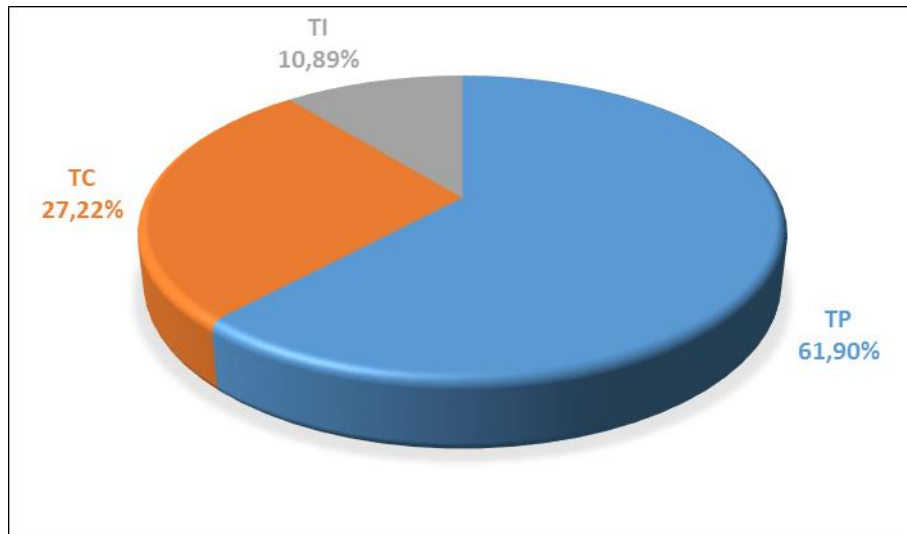


Figura 124. Niveles productividad observados en el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 2.

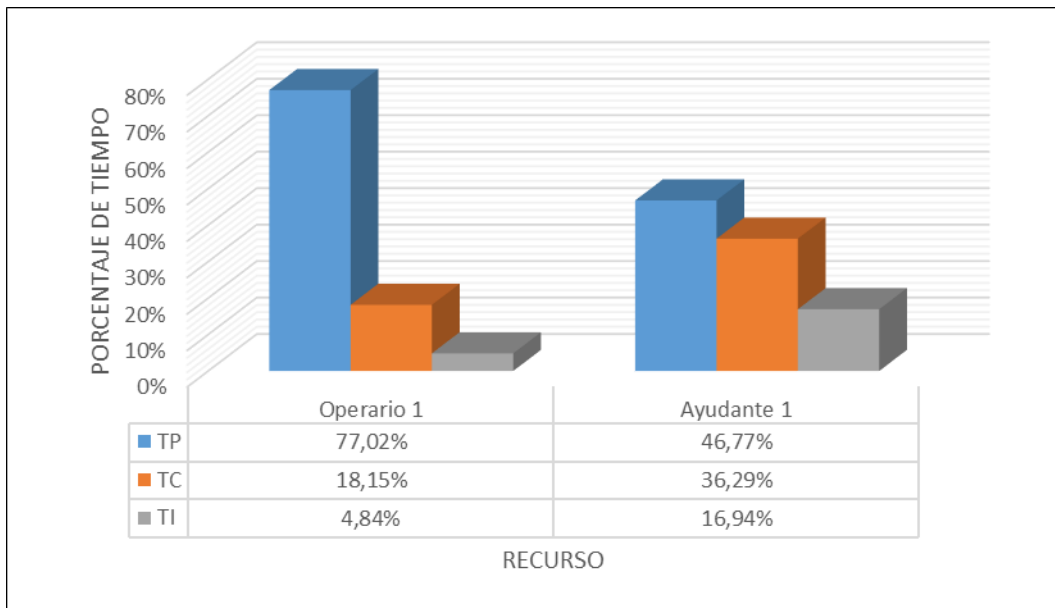


Figura 125. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 2.

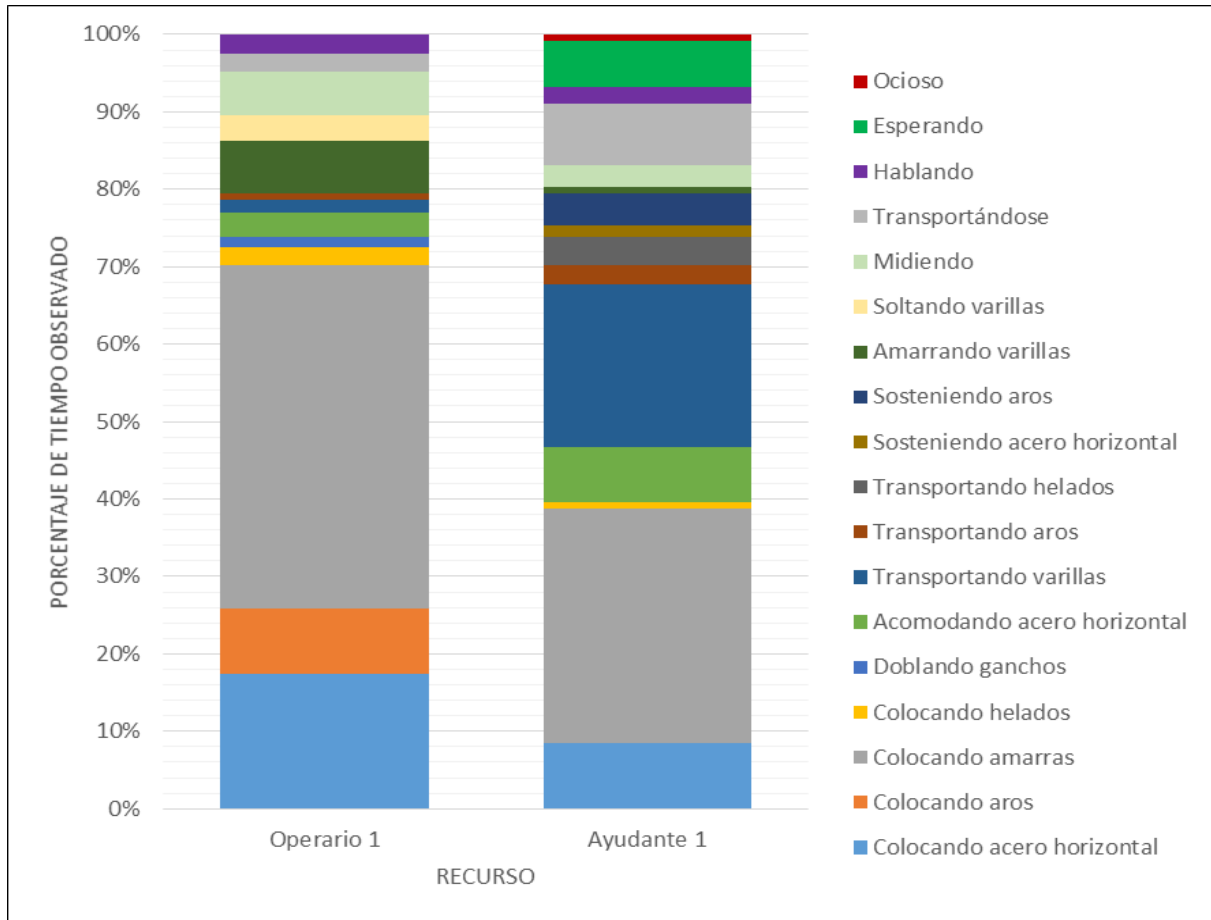


Figura 126. Gráfico Crew balance para el proceso de colocación del acero en viga corona, muestreo 2.

RENDIMIENTO COLOCACIÓN DEL ACERO

El cuadro 79 corresponde al rendimiento general obtenido en horas hombre por kilogramo de acero colocado para la viga analizada y se representa

como horas operario y horas ayudante en el cuadro 80, detallado en el Apéndice F.

CUADRO 79. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (kg)	Rendimiento (HH/kg)
1	01:33:30	1,558	2	3,117	95,007	0,033
2	01:01:45	1,029	2	2,058	49,294	0,042
Rendimiento promedio						0,037
Desviación Estándar						0,006
Coeficiente de Variación						0,170
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,041

CUADRO 80. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	0,020	HO/kg
Rf (Ayudante)	0,020	HA/kg

Por último se muestra gráficamente, en la figura 127, la variación del rendimiento general de

acuerdo a los niveles de productividad obtenidos en cada muestreo.

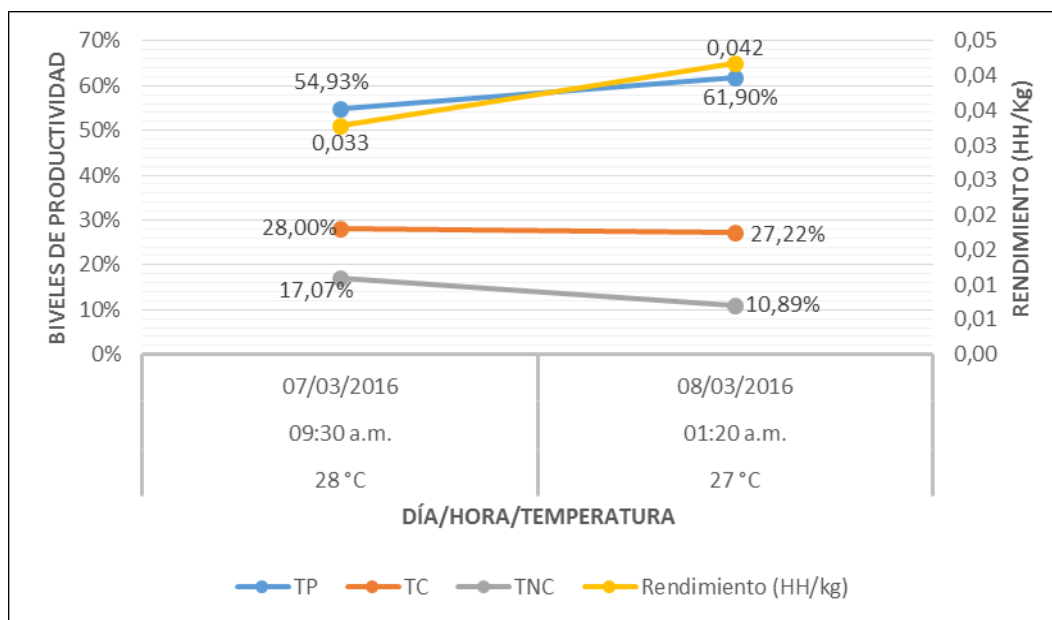


Figura 127. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad para el proceso de colocación del acero en viga corona.

Encofrado

Para este proceso fue posible realizar solamente un muestreo de trabajo

En la figura 128 se muestra el diagrama de flujo para el proceso de encofrado de la viga corona.

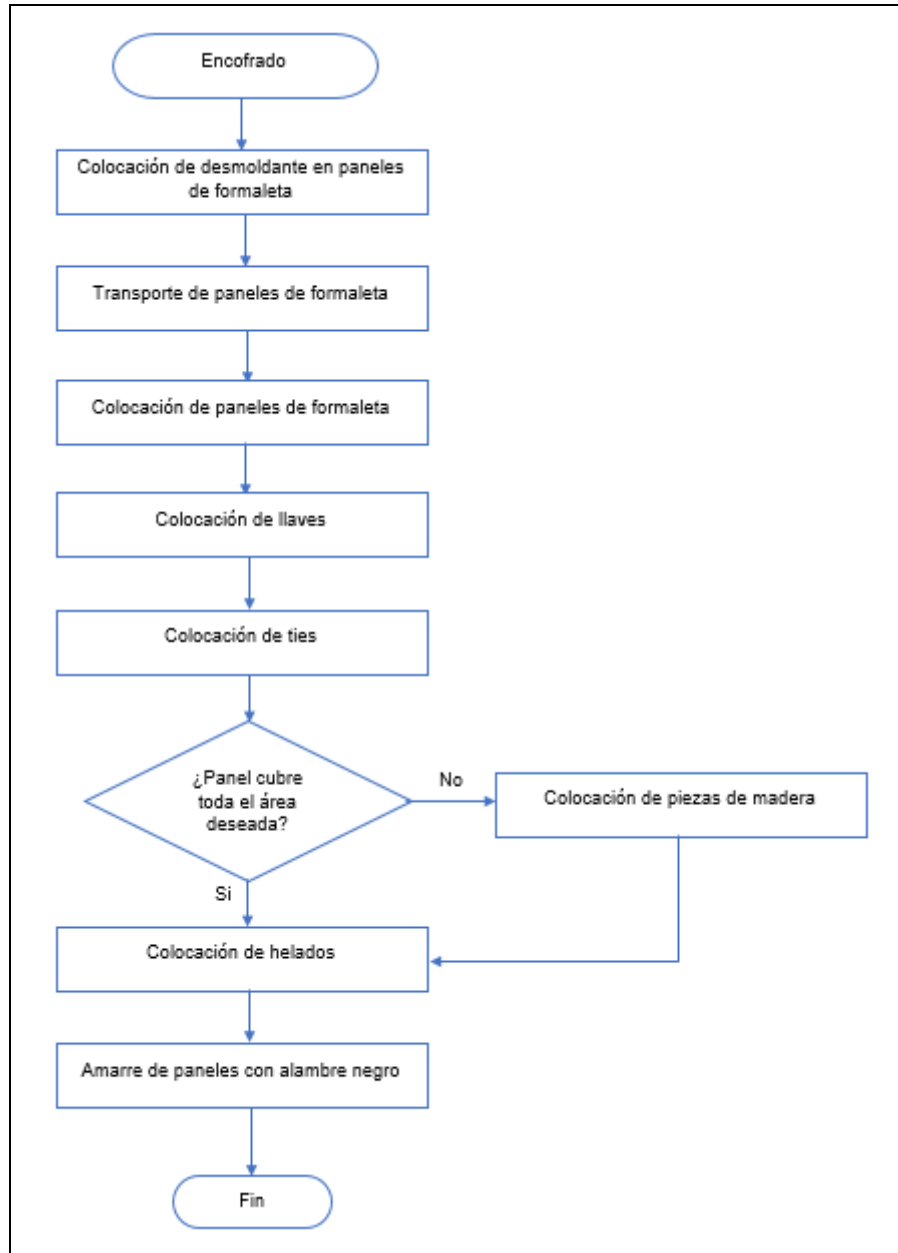


Figura 128. Diagrama de flujo para el proceso de encofrado de viga corona.

MUESTREO 1 ENCOFRADO

En el cuadro 81 se muestran los detalles generales bajo los cuales fueron tomadas las mediciones, correspondiente a día de toma de

datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 81. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/03/2016
Hora de inicio	7:50 a.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	477
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 82 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores de acuerdo a su clasificación como trabajo productivo (TP), trabajo

contributivo (TC), trabajo improductivo (TI) y el porcentaje de tiempo observado en su realización.

CUADRO 82. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Colocando panel	14	2,94%
	Colocando llaves	13	2,73%
	Colocando ties	62	13,00%
	Colocando helados	21	4,40%
	Amarrando paneles	39	8,18%
	Pasando desmoldante	13	2,73%
	Taladrando	15	3,14%
	Cortando alambre negro	14	2,94%
	Cortando madera	8	1,68%
	Colocando madera	4	0,84%
	Clavando	8	1,68%
TC	Transportando panel	18	3,77%
	Transportando ties	6	1,26%
	Transportando helados	4	0,84%
	Transportando alambre negro	5	1,05%
	Transportando escalera	7	1,47%
	Transportando nivel	1	0,21%
	Transportando desmoldante	3	0,63%
	Transportando madera	2	0,42%
	Enderezando ties	4	0,84%
	Sosteniendo panel	13	2,73%
	Midiendo	3	0,63%
	Verificando nivel	2	0,42%
TI	Transportándose	62	13,00%
	Hablando	19	3,98%
	Esperando	51	10,69%
	Ocioso	19	3,98%
	Ausente	47	9,85%
TOTAL		477	100,00%

En la figura 129 se representan los niveles de productividad para el proceso general y en la figura 130 se detallan estos niveles de acuerdo a cada tipo de trabajador. El gráfico Crew balance,

donde se muestra el porcentaje de tiempo invertido por los trabajadores para cada una de las tareas, se encuentra en la figura 131.

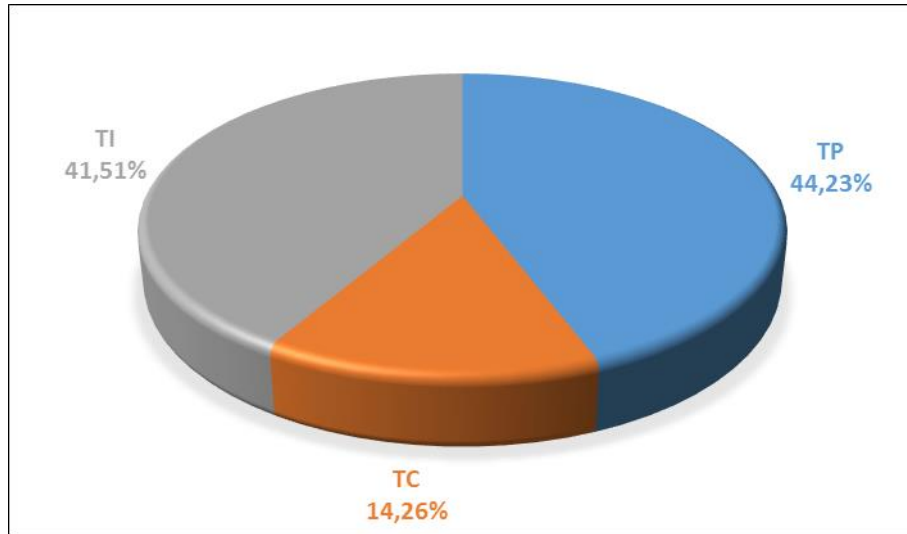


Figura 129. Niveles productividad observados en el proceso de encofrado de viga corona, muestreo 1.

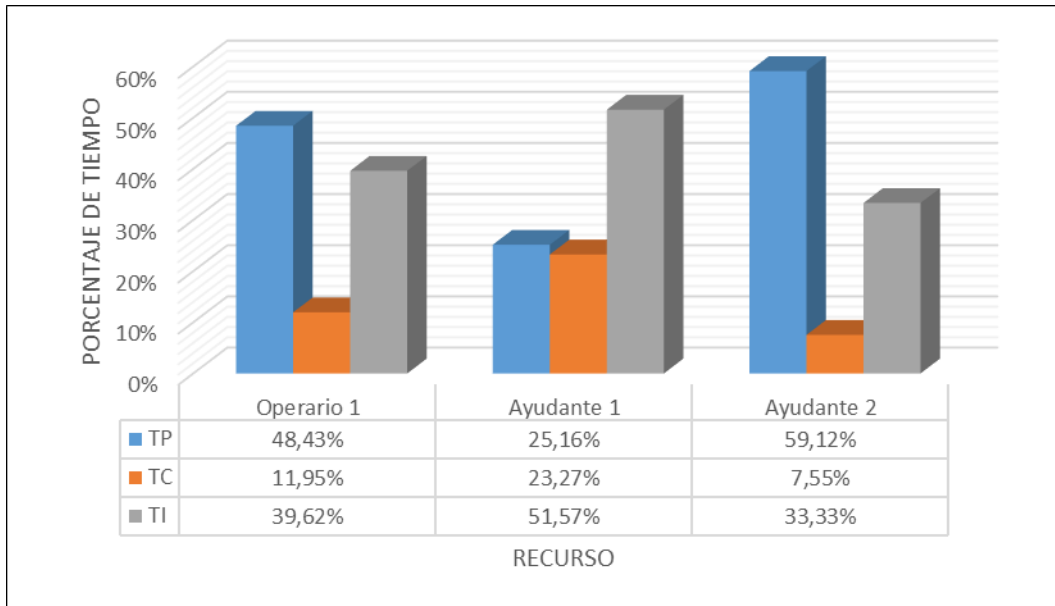
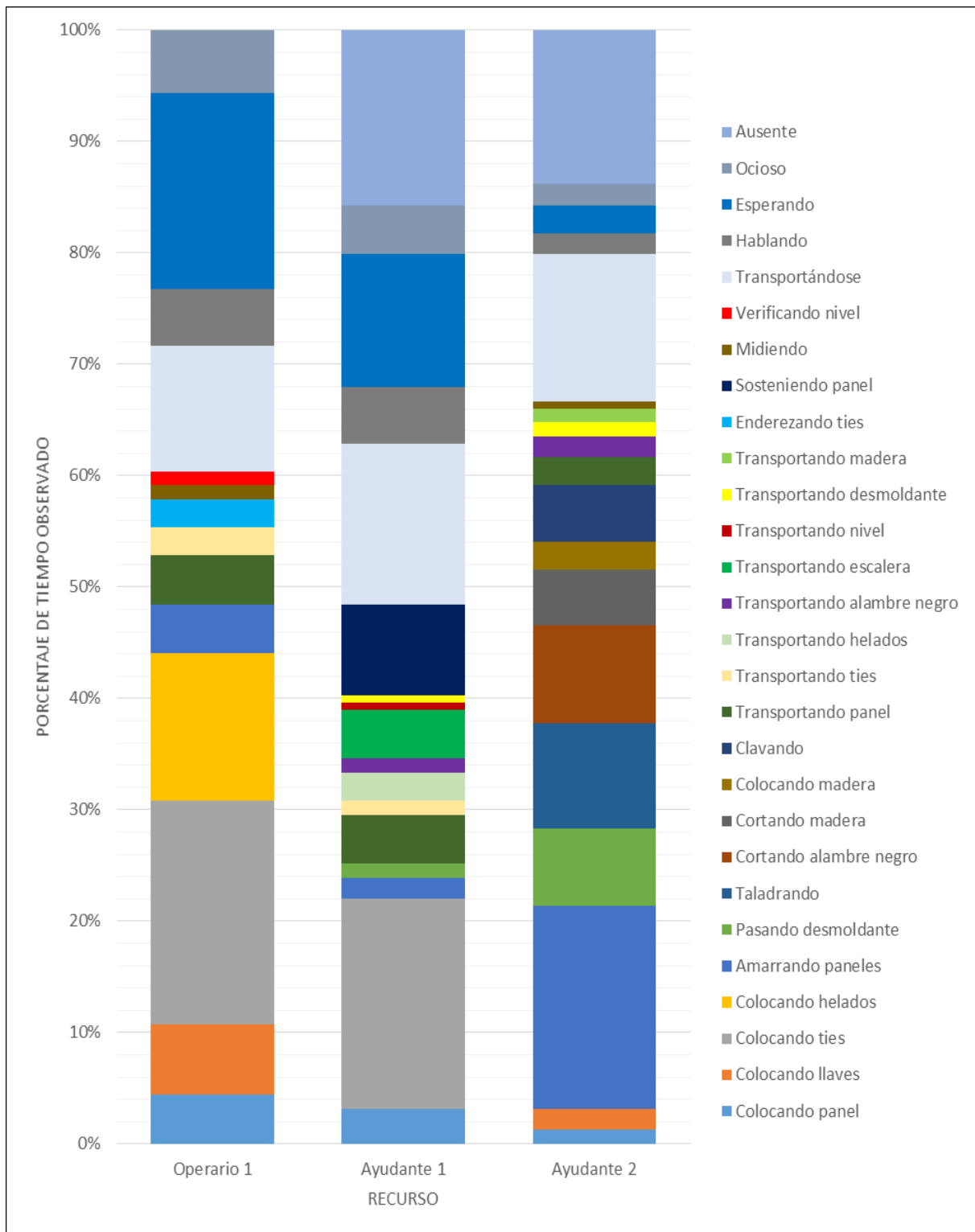


Figura 130. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de encofrado de viga corona, muestreo 1.



RENDIMIENTO ENCOFRADO

Para el rendimiento fue posible obtener un dato más, según se muestra en el cuadro 83 correspondiente al rendimiento general para este proceso expresado en horas hombre por metro cuadrado correspondiente al área total de

paneles de formaleta colocados, ya en el cuadro 84 se presenta un resumen de este rendimiento pero expresado en horas operario y horas ayudante, según se detalla en el Apéndice F.

CUADRO 83. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ²)	Rendimiento (HH/m ²)
1	00:39:30	0,658	3	1,975	3,600	0,549
17-03-2016 10:00 am	00:42:15	0,704	3	2,113	3,600	0,587
Rendimiento promedio						0,568
Desviación Estándar						0,027
Coeficiente de Variación						0,048
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,624

CUADRO 84. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	0,208	HO/m ²
Rf (Ayudante)	0,416	HA/m ²

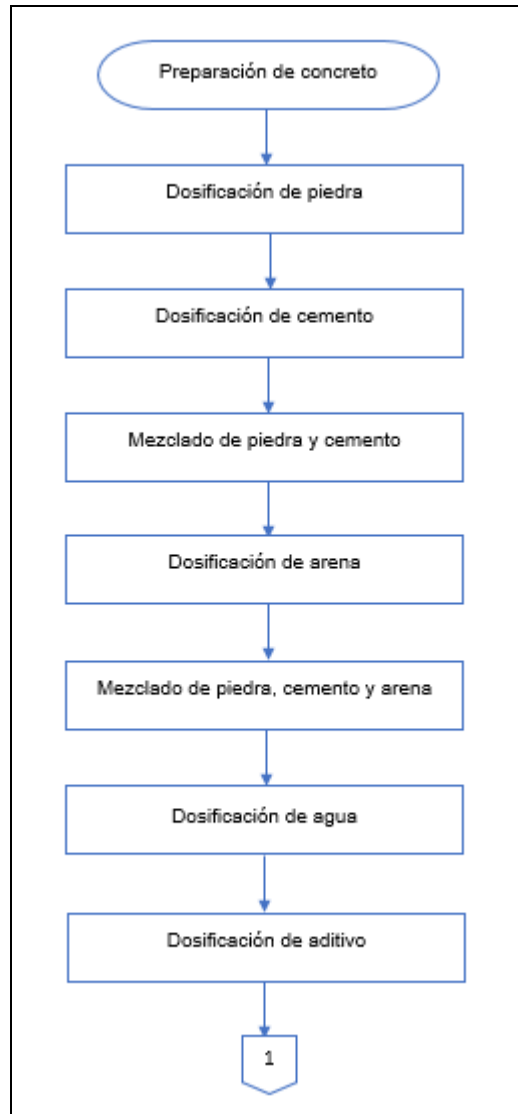
Para este proceso no fue posible realizar la representación gráfica de la variación del rendimiento general de acuerdo a los niveles de

productividad debido a que se realizó solamente un muestreo.

Preparación de concreto

Al igual que para procesos anteriores se muestran los resultados obtenidos de dos

muestras realizadas a preparación de concreto para viga corona, en la figura 132 se muestra el diagrama de flujo para este proceso.



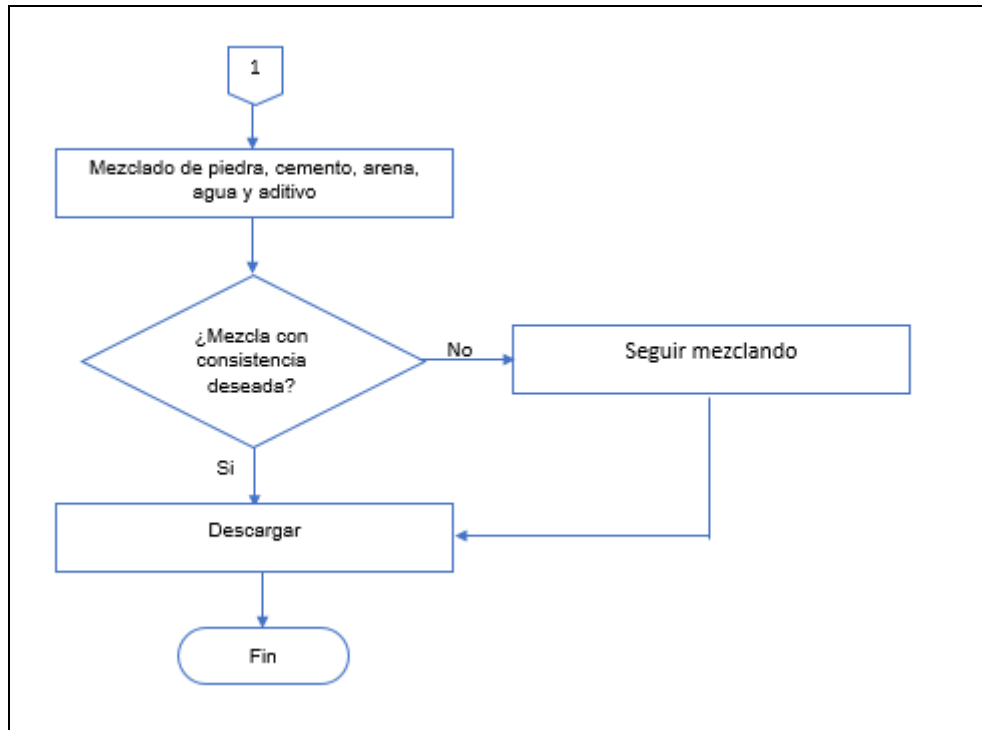


Figura 132. Diagrama de flujo para el proceso de preparación de concreto para viga corona.

MUESTREO 1 PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA VIGA CORONA

En el cuadro 85 se muestran los detalles generales bajo los cuales se realizaron las observaciones de este primer muestreo,

correspondiente a día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 85. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	17/03/2016
Hora de inicio	01:20 p.m.
Temperatura	27 °C
Total de observaciones	572
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 86 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo de acuerdo a su clasificación como

trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo improductivo (TI) y el porcentaje de tiempo observado de cada una de ellas.

CUADRO 86. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Operando batidora	75	13,11%
	Dosificando arena	7	1,22%
	Dosificando agua	10	1,75%
	Dosificando piedra	8	1,40%
	Dosificando cemento	28	4,90%
	Dosificando aditivo	9	1,57%
TC	Transportando arena	14	2,45%
	Transportando piedra	10	1,75%
	Transportando cemento	38	6,64%
	Abriendo cemento	11	1,92%
TNP	Transportándose	52	9,09%
	Hablando	8	1,40%
	Esperando	299	52,27%
	Ocioso	3	0,52%
TOTAL		572	100,00%

En la figura 133 se tienen los niveles de productividad para el proceso general durante este muestreo y en la figura 134 se detallan estos niveles de acuerdo a cada tipo de trabajador. El

gráfico de Crew balance para el presente muestreo se presenta en la figura 135 de acuerdo a cada tipo de trabajador.

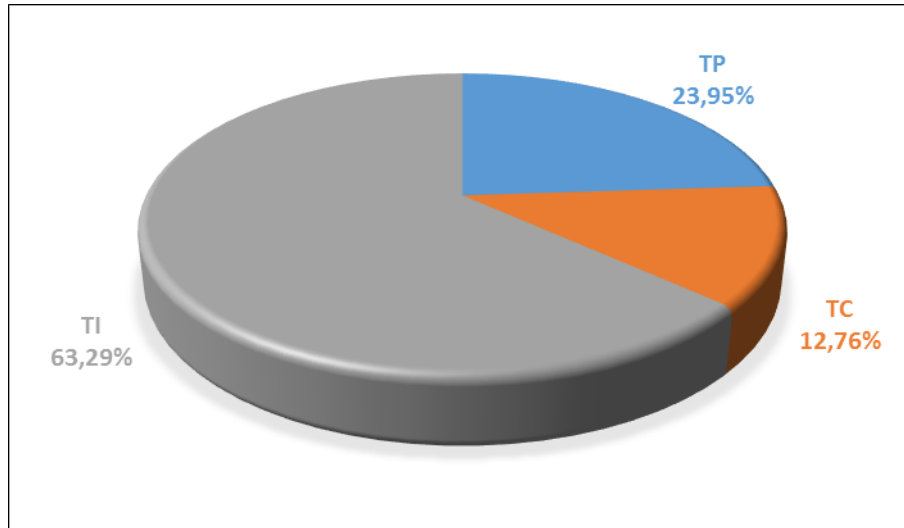


Figura 133. Niveles productividad observados en el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 1.

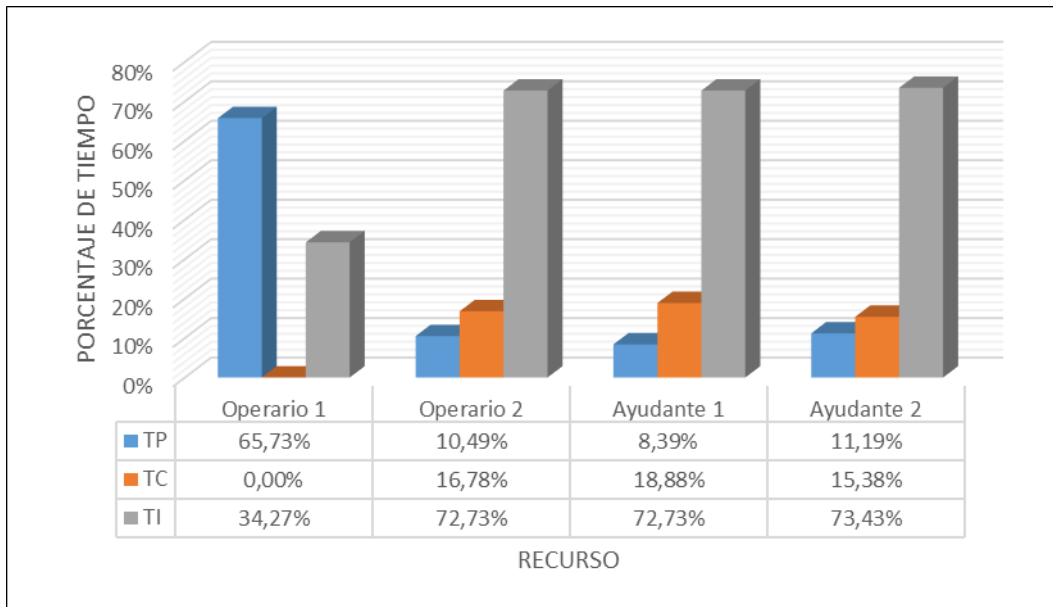


Figura 134. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 1.

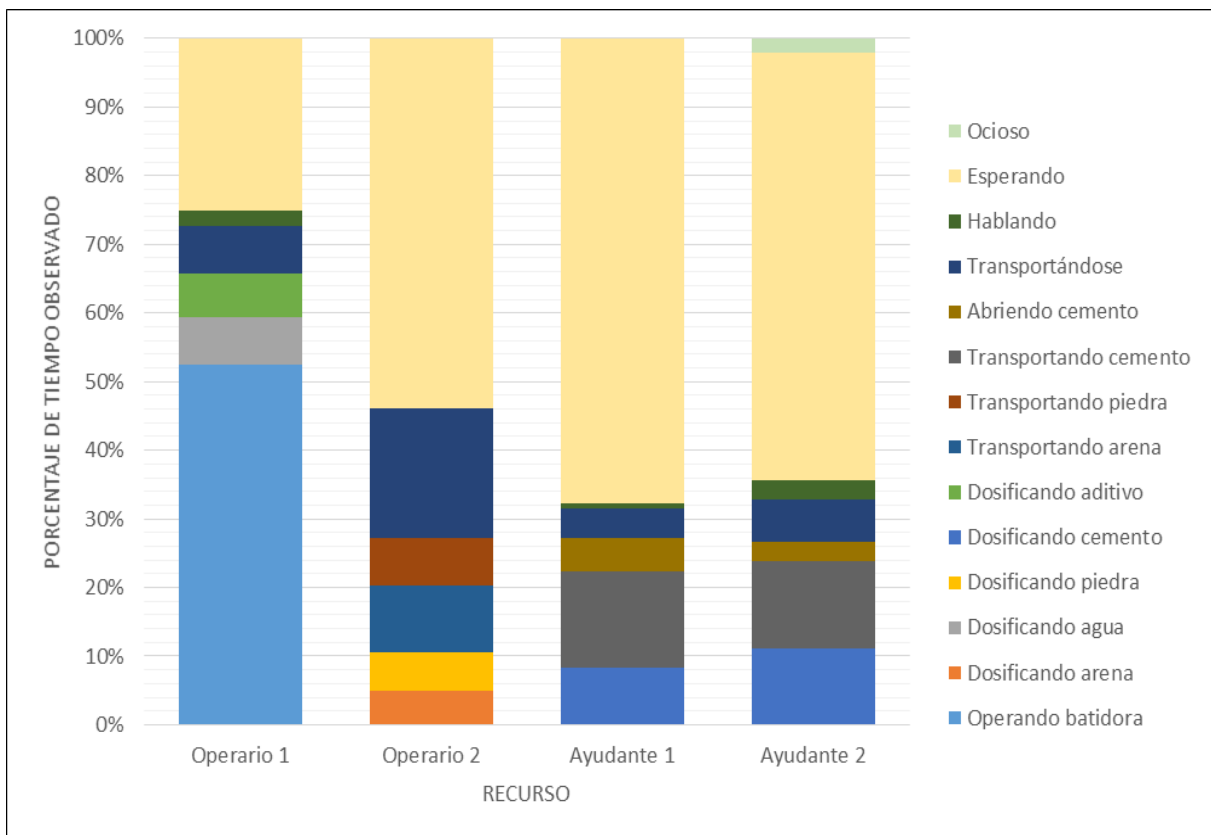


Figura 135. Gráfico Crew balance para el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 1.

MUESTREO 2

PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA VIGA CORONA

En el cuadro 87 se muestran los detalles generales bajo los cuales se realizaron las observaciones de este segundo muestreo,

correspondiente a día de toma de datos, hora de inicio, temperatura, cantidad y frecuencia de observaciones.

CUADRO 87. INFORMACIÓN GENERAL	
Día	18/03/2016
Hora de inicio	07:50 a.m.
Temperatura	24 °C
Total de observaciones	472
Frecuencia	Cada 15 segundos

En el cuadro 88 se muestran las tareas realizadas por los trabajadores durante este muestreo de acuerdo a su clasificación como

trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo improductivo (TI) y el porcentaje de tiempo observado de cada una de ellas.

CUADRO 88. TAREAS REALIZADAS POR TRABAJADORES			
	Tarea	Observaciones (#)	Porcentaje (%)
TP	Operando batidora	50	10,59%
	Dosificando arena	7	1,48%
	Dosificando agua	7	1,48%
	Dosificando piedra	7	1,48%
	Dosificando cemento	30	6,36%
	Dosificando aditivo	7	1,48%
TC	Transportando arena	7	1,48%
	Transportando piedra	7	1,48%
	Transportando cemento	17	3,60%
	Abriendo cemento	24	5,08%
TNP	Transportándose	39	8,26%
	Hablando	12	2,54%
	Esperando	254	53,81%
	Ocioso	4	0,85%
TOTAL		472	100,00%

En la figura 136 se tienen los niveles de productividad para el proceso general durante este muestreo y en la figura 137 se detallan estos niveles de acuerdo a cada tipo de trabajador. El

gráfico de Crew balance para el presente muestreo se presenta en la figura 138 de acuerdo a cada tipo de trabajador.

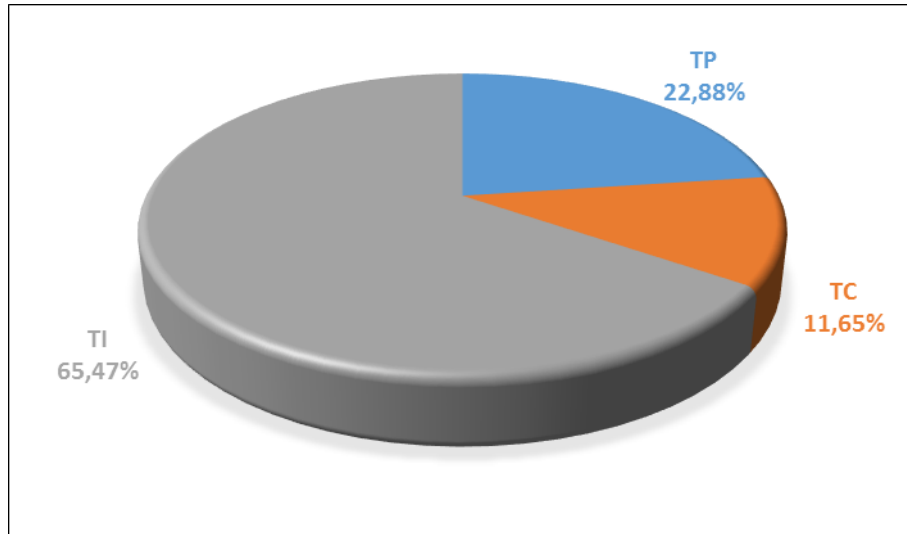


Figura 136. Niveles productividad observados en el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 2.

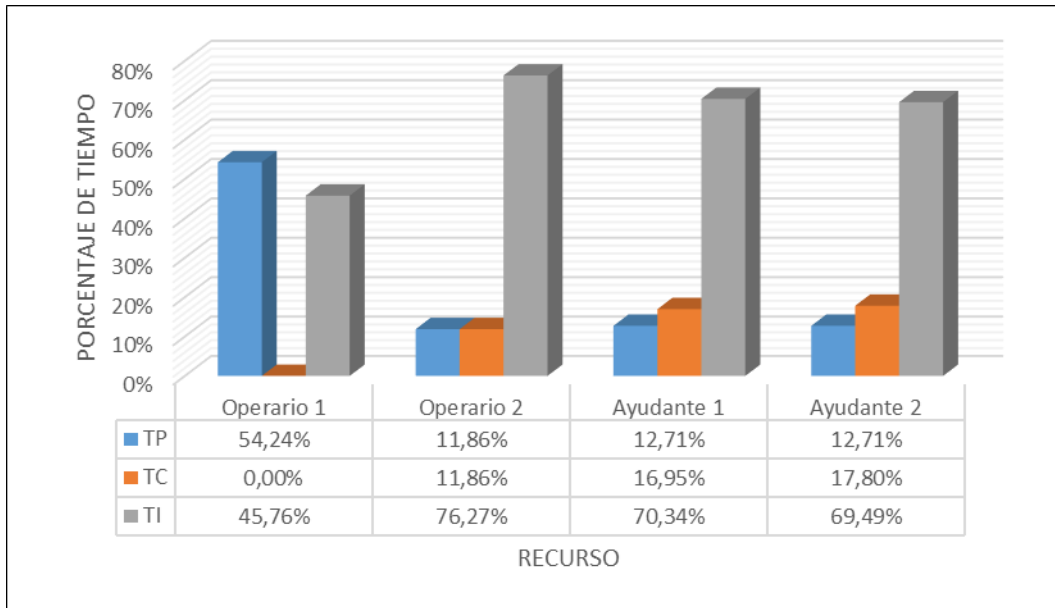


Figura 137. Niveles productividad observados en cada trabajador en el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 2.

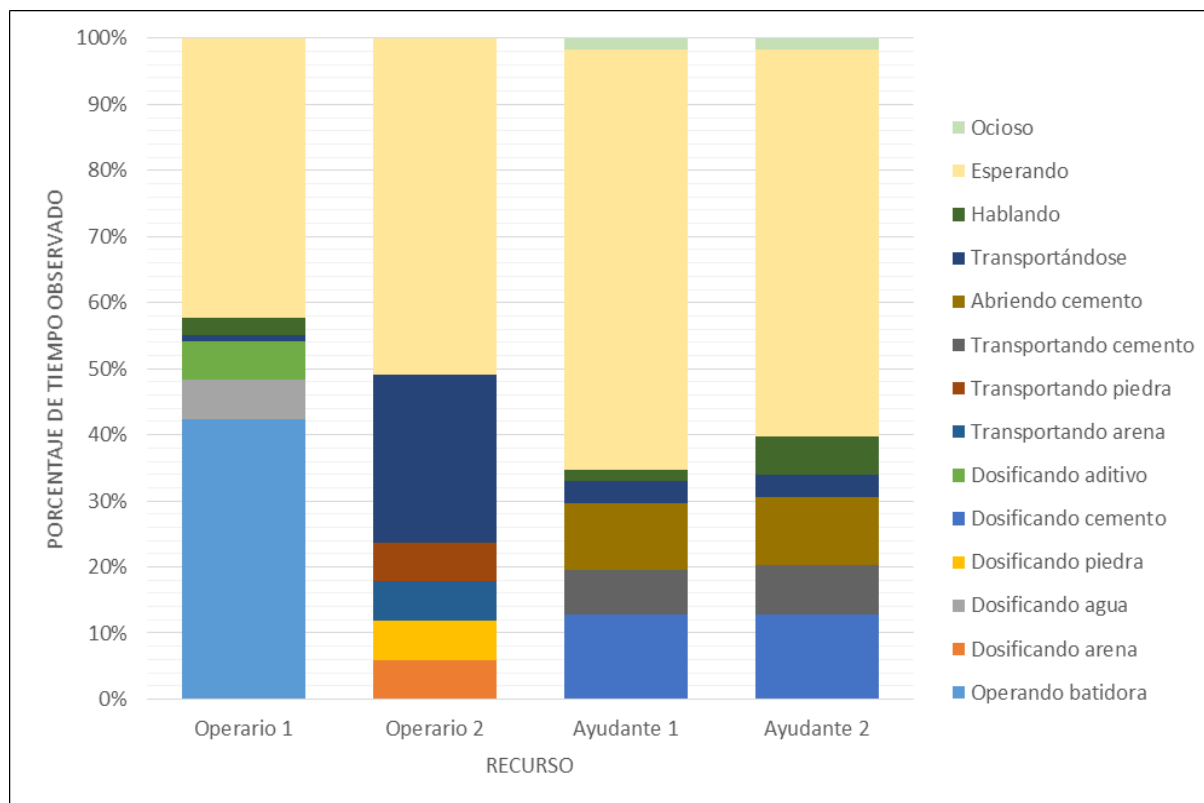


Figura 138. Gráfico Crew balance para el proceso de preparación de concreto para viga corona, muestreo 2.

RENDIMIENTO PREPARACIÓN DE CONCRETO PARA VIGA CORONA

El cuadro 89 corresponde al rendimiento general obtenido en horas hombre por metro cubico de volumen de concreto preparado para para colar la viga corona y se representa como horas operario

y horas ayudante en el cuadro 90 el cual se encuentra detallado en el Apéndice F.

CUADRO 89. RENDIMIENTO GENERAL						
Muestreo #	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ³)	Rendimiento (HH/m ³)
1	00:35:30	0,592	4	2,367	2,800	0,845
2	00:29:15	0,488	4	1,950	2,800	0,696
Rendimiento promedio						0,771
Desviación Estándar						0,105
Coeficiente de Variación						0,137
Factor de incremento (fi)						0,099
Rendimiento final						0,847

CUADRO 90. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	0,424	HO/m ²
Rf (Ayudante)	0,424	HA/m ²

Por último se muestra gráficamente en la figura 139 la variación del rendimiento general de

acuerdo a los niveles de productividad obtenidos de cada muestreo.

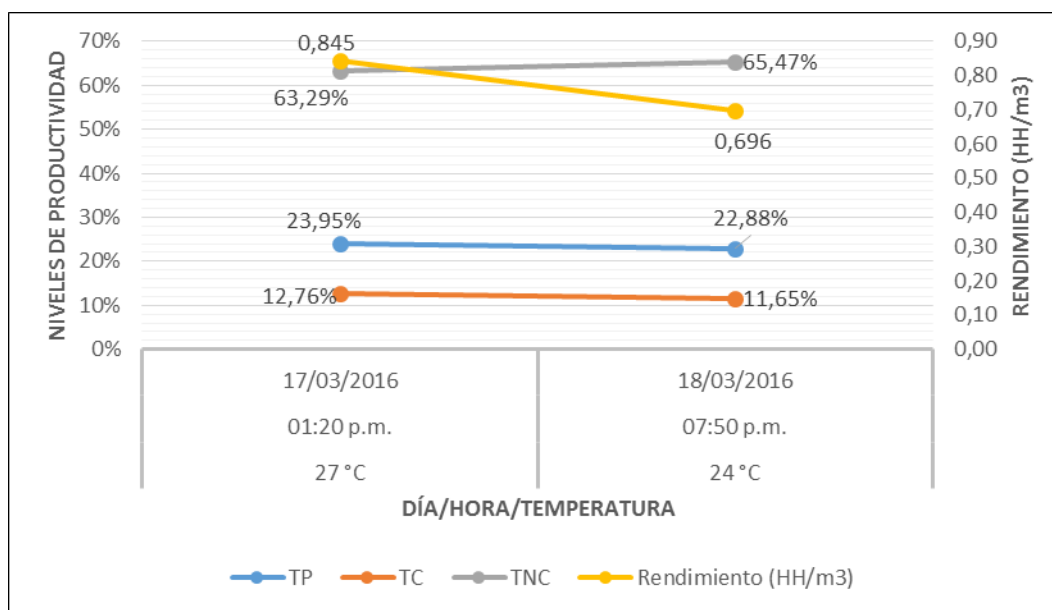


Figura 139. Variación del rendimiento respecto a los niveles de productividad en el proceso de preparación de concreto para viga corona.

Colado de la viga

Para este proceso en específico no se pudieron realizar muestreos de trabajo para el análisis de la productividad, debido a las limitaciones

presentadas, sin embargo si fue posible la elaboración del diagrama de flujo, representado en la figura 140, a partir de la observación del proceso, y la determinación de rendimientos también se pudo realizar.

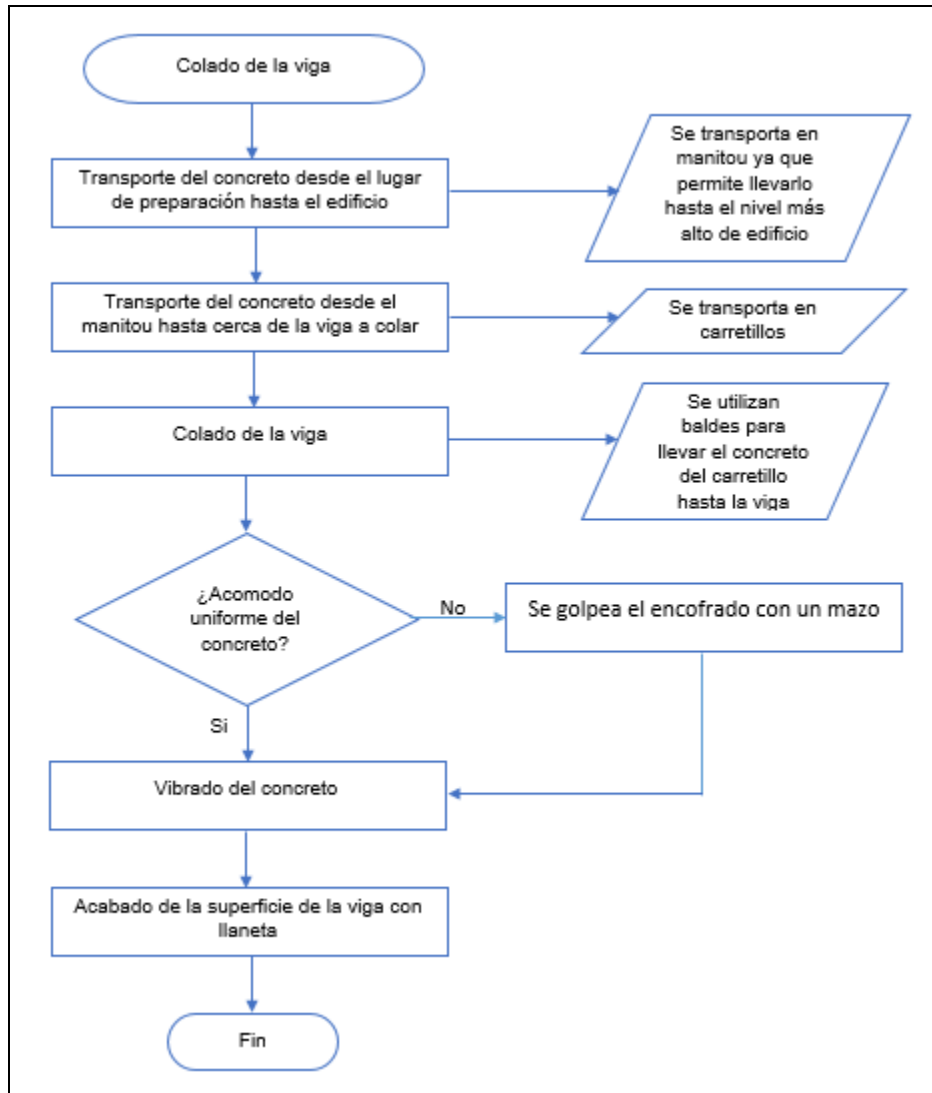


Figura 140. Diagrama de flujo para el proceso de colado de viga corona.

RENDIMIENTO COLADO DE LA VIGA CORONA

En el cuadro 91 se muestra el rendimiento general obtenido en horas hombre por volumen en metros cúbicos del concreto colado en la viga

corona y se representa como horas operario y horas ayudante en el cuadro 92 el cual se encuentra detallado en el Apéndice F.

CUADRO 91. RENDIMIENTO GENERAL							
Fecha	Hora	Tiempo corrido	Tiempo neto (hr)	Cantidad de trabajadores	Horas hombre (HH)	Avance (m ³)	Rendimiento (HH/m ³)
17/03/2016	02:00 p.m.	00:52:00	0,867	4	3,467	0,693	5,002
18/03/2016	10:00 a.m.	00:30:00	0,500	4	2,000	0,361	5,537
Rendimiento promedio							5,270
Desviación Estándar							0,378
Coeficiente de Variación							0,072
Factor de incremento (fi)							0,099
Rendimiento final							5,793

CUADRO 92. RESUMEN DE RENDIMIENTOS EN HORAS OPERARIO Y HORAS AYUDANTE		
Rf (Operario)	2,896	HO/m ²
Rf (Ayudante)	2,896	HA/m ²

Factores que afectan la productividad

A continuación se muestra mediante representaciones gráficas las respuestas obtenidas a partir de las encuestas realizadas a los trabajadores, 6 de ellos ayudantes y tres

operarios, 1 encargado y 1 maestro de obras, todos involucrados en las actividades analizadas, además se encuestó al maestro de obras general e ingeniero del proyecto.

En la figura 141 se establece la efectividad con que se dan instrucciones y se asignan recursos.

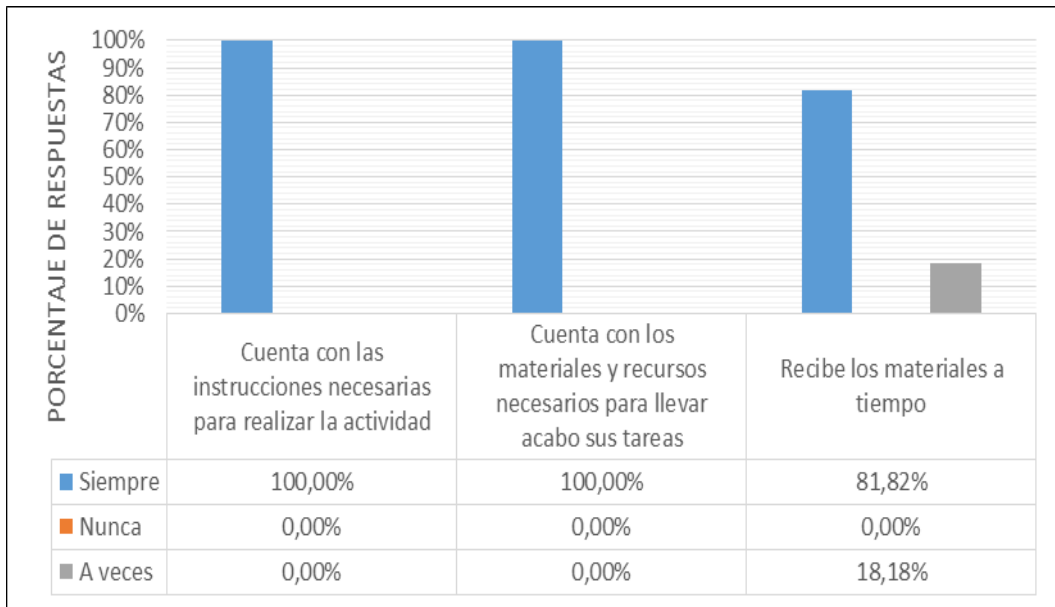


Figura 141. Asignación de recursos a las actividades.

En la figura 142 se presentan los rangos de experiencia en obras de construcción en que se encuentran los trabajadores y en la figura 143 se

establece como creen los trabajadores que es el tamaño de las cuadrillas.

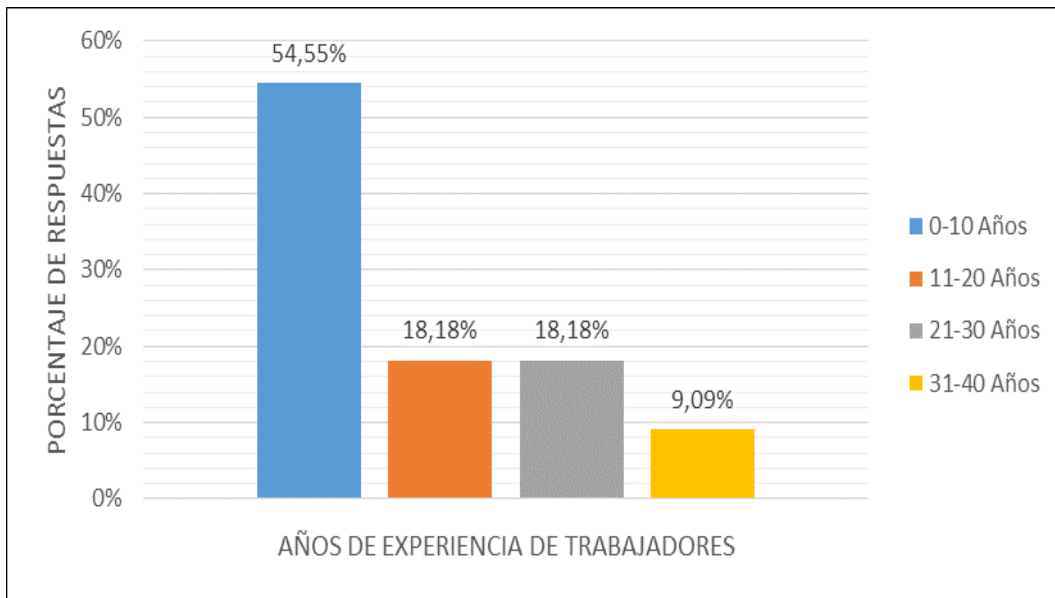


Figura 142. Rangos de años de experiencia de trabajadores en labores de construcción.

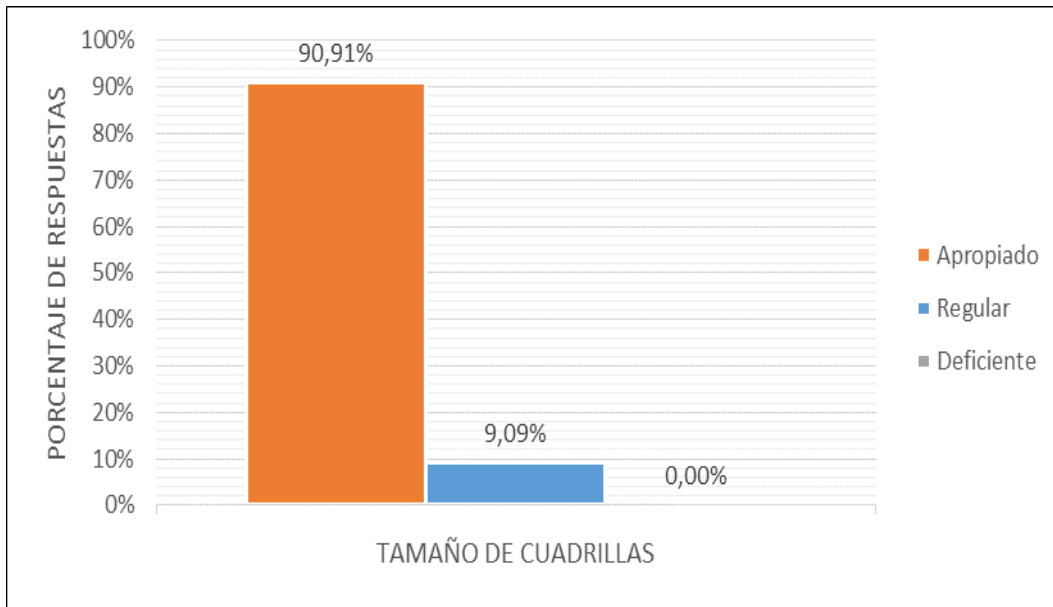


Figura 143. Tamaño de cuadrillas.

En la figura 144 se presentan los factores más comunes que afectan la productividad de las actividades constructivas y el grado en que los

trabajadores y encargados encuestados creen que afectan el desempeño de la mano de obra.

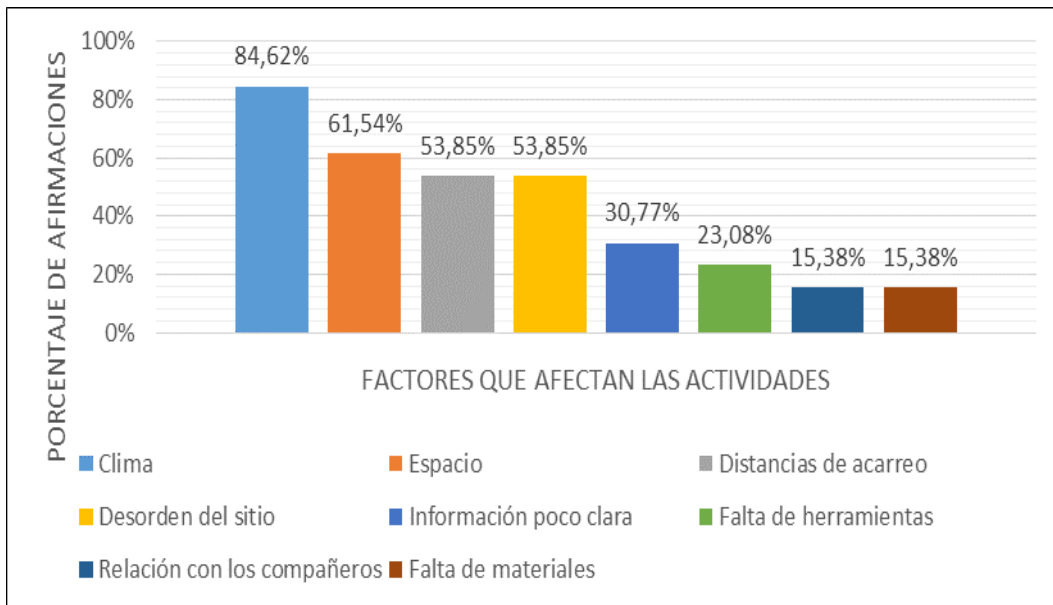


Figura 144. Factores que afectan la calidad.

Las figuras 145, 146 y 147 muestran como son, según los trabajadores, las condiciones del lugar

de trabajo, del trato entre compañeros y de seguridad que reciben en este proyecto.

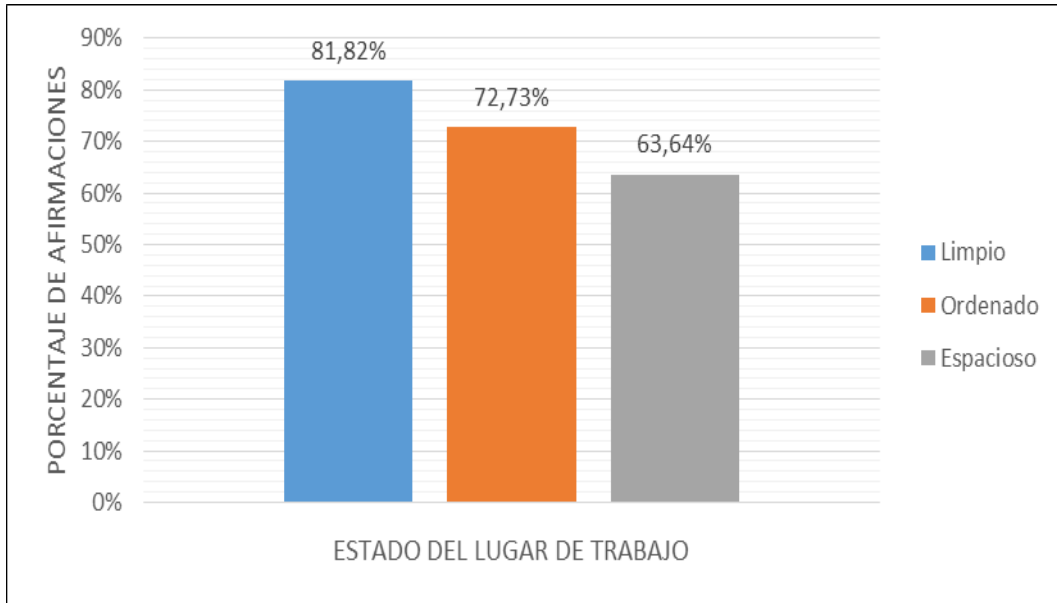


Figura 145. Condiciones generales del lugar de trabajo.

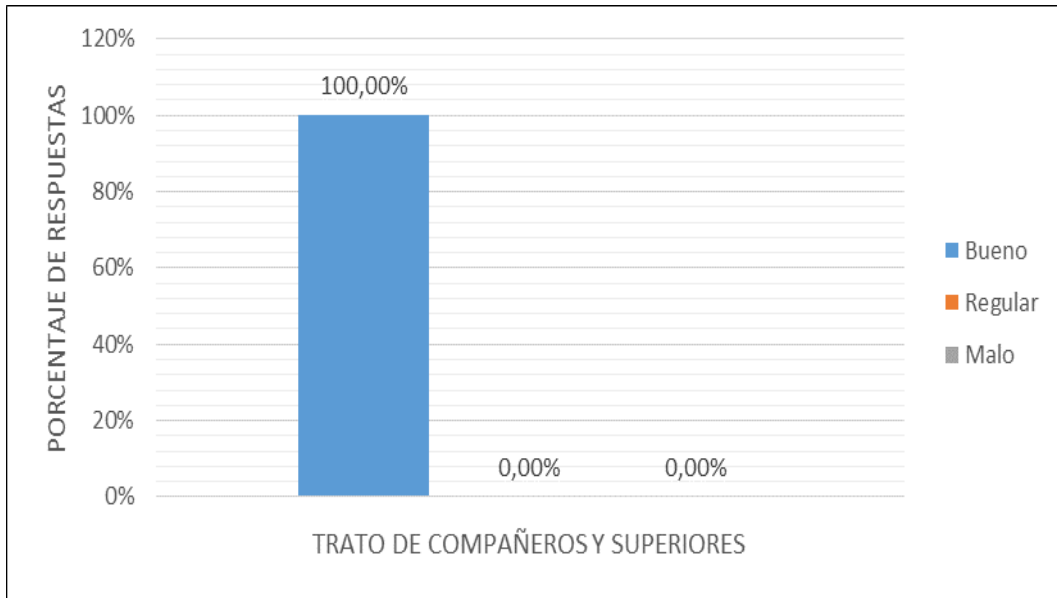


Figura 146. Trato entre compañeros.

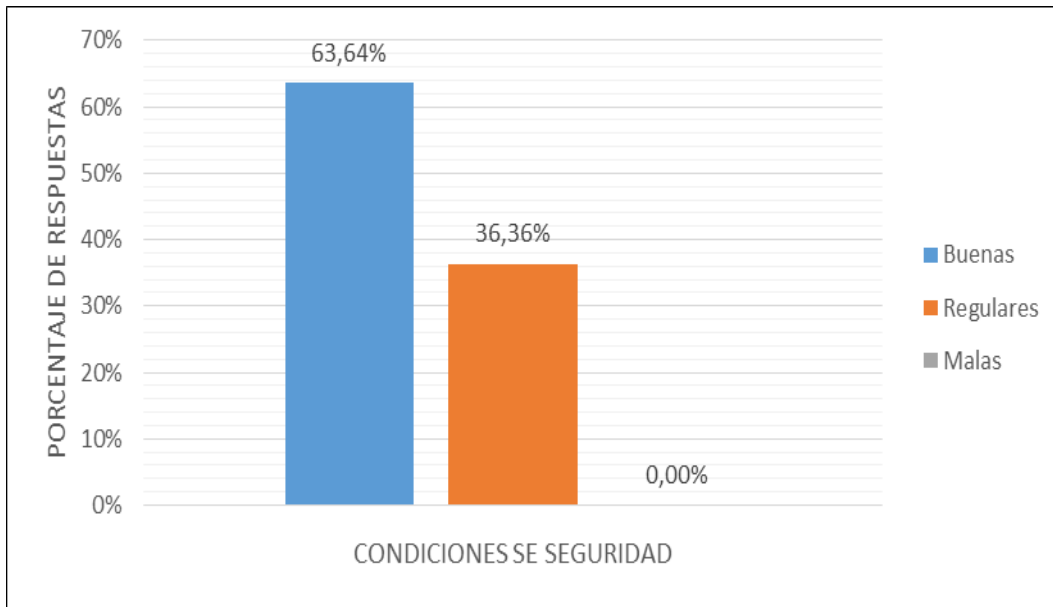


Figura 147. Condiciones de seguridad de los trabajadores.

En la figura 148 se representa la conformidad que tienen los trabajadores con el equipo de

seguridad brindado, al momento de realizar sus labores.

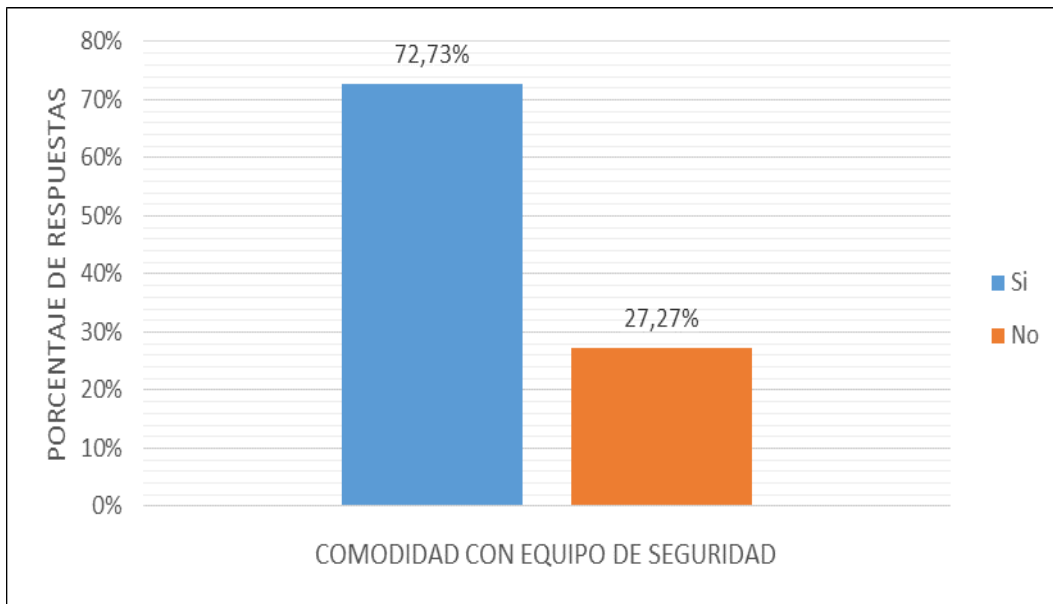


Figura 148. Comodidad con el equipo de seguridad.

En el cuadro 93 se presentan los factores, determinados por observación, que generan una

disminución en la productividad y avance de la obra.

CUADRO 93. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD, DETERMINADOS POR OBSERVACIÓN	
#	Factor
1	Transporte de trabajadores
2	Servicios sanitarios alejados
3	Exceso en tiempos de espera por equipo o materiales
4	Retraso en entrega de materiales
5	Equipo en múltiples labores
6	Alternancia entre proyectos
7	Calidad de materiales
8	Equipos dañados
9	Terreno
10	Escasez de personal
11	Ocio
12	Cansancio físico
13	Rotación de personal
14	Mano de obra poco calificada
15	Condiciones de seguridad

La figura 149 corresponde al grafico de Ishikawa donde se representan las causas determinadas anteriormente, por encuestas y observación, que

afectan la productividad en obras de construcción.

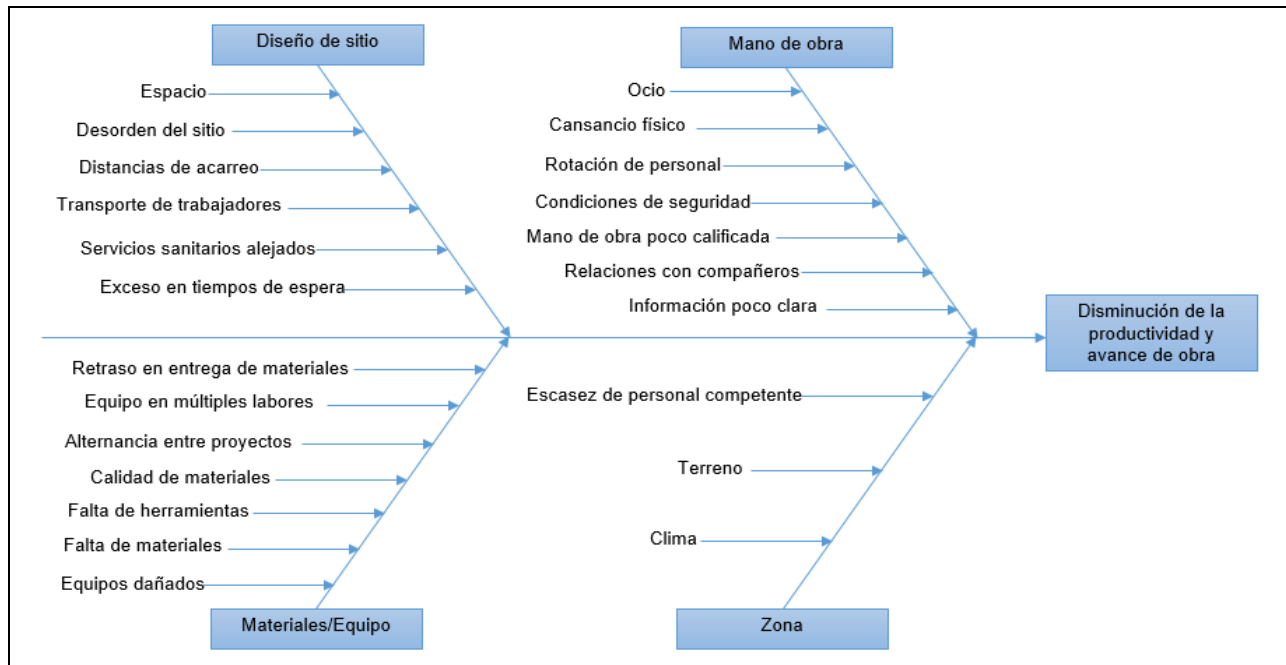


Figura 149. Diagrama de Ishikawa de las causas que generan una disminución en la productividad.

Base de datos para rendimientos

Con los rendimientos obtenidos anteriormente, en horas operario y horas ayudante, se construyó una base de datos en la cual se pueden ingresar procesos de distintas actividades y diferentes proyectos, y de la cual se puede obtener el costo de la mano de obra, utilizada en cada uno de ellos.

En la figura 150 se muestra el menú principal de la base de datos, en él se puede acceder a proyectos, actividades y procesos, ya sea para agregar nuevos o consultar existentes, tal y como se muestra en las figuras 151, 152 y 153 respectivamente. Al acceder al rubro de mano de obra es posible, a partir del costo de la hora de cada tipo de trabajador, obtener el costo total para la mano de obra necesaria para cada uno de los procesos detallados en este informe.



Figura 150. Menú principal para la base de datos.

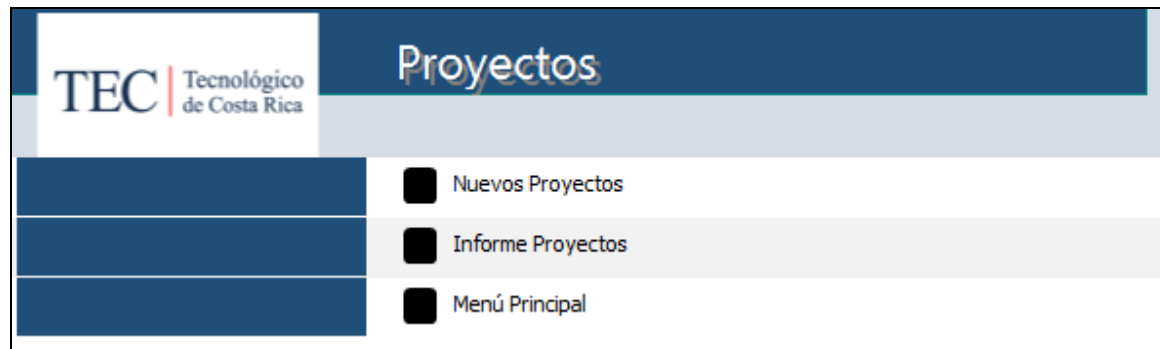


Figura 151. Menú de acceso de nuevos proyectos o consulta de existentes.

Figura 152. Ingreso de nuevos proyectos.

Figura 153. Menú de acceso de nuevas actividades o consulta de existentes.

En la figura 154 se presenta la pantalla para entrada de nuevos proyectos en donde se muestran los datos solicitados para su ingreso, de igual manera se muestra la pantalla para

ingreso de nuevas actividades y procesos, respectivamente en las figuras 155 y 156.

Ingreso de Nuevas Actividades

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Id Actividad: [Nuevo]

Actividad:

Id Proyecto:

Nuevo Guardar Eliminar Cerrar

Figura 154. Ingreso de nuevas actividades.

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Procesos

- Nuevos procesos
- Informe de procesos
- Menú Principal

Figura 155. Menú de acceso de nuevos procesos o consulta de existentes.

Ingreso de Nuevos Procesos

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Id Procesos: [Nuevo]

Proceso:

Id Proyecto:

Id Actividad:

Rendimiento operario:

Rendimiento ayudante:

Rendimiento peón:

Nuevo Guardar Eliminar Cerrar

Figura 156. Ingreso de nuevos procesos.

En la figura 157 se muestra la pantalla para consulta del costo de mano de obra, donde es necesario especificar, el proyecto, la actividad, el proceso, la cantidad de trabajo y los costos por hora de los trabajadores, para que ella brinde el costo total.

En el Apéndice H se muestran los datos, para los procesos estudiados, ya insertados en esta base de datos, y en el Apéndice I se presenta el manual de usuario.

Figura 157. Consulta de costo de mano de obra.

En el Apéndice H se muestran los datos, para los procesos estudiados, ya insertados en

esta base de datos, y en el Apéndice I se presenta el manual de usuario.

Listas de verificación de calidad

En la figura 158 se muestra un fragmento de la estructura de las listas de verificación destinadas al control de la calidad de los procesos constructivos, por parte de la inspección del proyecto.

Se desarrollaron listas de verificación de calidad para cada una de las cuatro actividades en estudio, que correspondieron a entepiso, paredes de bloques de arcilla, paredes de bloques de concreto y viga corona de concreto

reforzado, dichas listas se pueden observar en detalle en el Apéndice J.

Estas listas consisten básicamente en preguntas que debe hacerse el inspector al momento de realizar la revisión de elementos constructivos, de acuerdo a detalles en planos y a especificaciones técnicas o propias del proyecto. Presentan una columna para establecer si se está cumpliendo o no dicho aspecto o si no aplica según sea el caso, y otra para realizar observaciones en caso de ser necesario. Además, en ellas se puede indicar si el elemento necesita una reinspección, la fecha en que se realiza la misma y la conformidad o no con los cambios realizados.

**OFICINA DE INGENIERÍA
TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**

Lista de verificación de calidad en procesos constructivos

Proyecto:			
Actividad:	Entrepiso	Tipo (s):	
# Lámina (s):		Fecha:	
Ubicación:	Nivel:	Ejecutor:	
	Ejes:	Inspección:	

#	Aspecto a inspeccionar	Conforme			Observaciones	Reinspección		
		Si	No	N/A		Si/No	Fecha	Conforme
Generalidades								
1.	¿La ubicación del entrepiso corresponde a la detallada en planos?							
2.	¿El tipo de entrepiso corresponde al detallado en planos?							
3.	¿El entrepiso presenta las dimensiones solicitadas?							
Elementos prefabricados								
4.	¿Los elementos prefabricados se encuentran en buen estado, sin daños que alteren su resistencia?							
5.	¿Las dimensiones de los elementos prefabricados se encuentran de acuerdo a lo detallado en el diseño?							
6.	¿La orientación de los elementos se encuentra de acuerdo a lo detallado en planos?							
7.	¿Los elementos se encuentran colocados de buena manera con planicidad y el nivel adecuado?							

Figura 158. Ejemplo de estructura de listas de verificación de calidad para procesos constructivos.

Análisis de los resultados

Selección de actividades

En la figura 24, presente en el apartado de resultados, se presenta el análisis de Pareto realizado con el costo total de las actividades estipuladas en la oferta presentada para el edificio ISLHA, en dicha imagen se puede apreciar en el eje horizontal el total de las 35 actividades que componen la oferta y el eje vertical izquierdo el costo de cada una de ellas. En el eje horizontal derecho se presenta el porcentaje acumulado que representa el peso del costo de cada una de las actividades sobre el costo total, a partir del cual se puede obtener el total de actividades que representan el 80% del costo establecido en la oferta.

Para Niebel (2009), al análisis Pareto se le llama regla del 80-20% ya que por lo general el 20% de los elementos evaluados representa el 80% o más del total de los costos evaluados, sin embargo en la figura 24, se puede observar que el 80% de los costos de la oferta se encuentra concentrado en un total de 15 actividades de las 35 evaluadas. A partir de este porcentaje estipulado por Vilfredo Pareto, del 80%, es posible delimitar las zonas del gráfico en dos categorías, la de pocos vitales y la de muchos triviales, tal y como lo establece Fundebiq, las primera 15 actividades; desde el sistema eléctrico y hasta entepiso, se encuentran dentro de la zona de pocos vitales y corresponden a las que son muy importantes en cuanto a su contribución en costo, mientras que desde vigas canoa de concreto reforzado y hasta trazado del edificio representan los muchos triviales que son menos importantes en su contribución, todo esto a partir de la figura 24.

En la figura 24, se observa, la zona de los pocos vitales, y es posible observar que en esta zona, además, se encuentran muchas actividades que no pertenecen a la obra gris, las cuales son el objeto principal de estudio en este informe, la

actividad que representa el mayor costo pertenece al sistema eléctrico, además se encuentran los pisos y enchapes, el sistema de extracción, los imprevistos de diseño y pruebas de laboratorio, la estructura, cubierta y accesorios de techo, el sistema de telecomunicaciones-datos, la ventanería y por último los sistemas mecánicos, por tanto se decidió realizar la discriminación de actividades de acuerdo al criterio establecido en la metodología, además de identificar que actividades no pertenecían a la obra gris, se extrajeron las actividades que ya se encontraban concluidas en el proyecto y las que presentaban una fecha de inicio lejana de acuerdo al avance de la obra al momento de iniciar la investigación, para lo cual se procedió a consultar a encargados de la obra sobre las posibles fechas de inicio de dichas actividades.

La discriminación anterior se puede observar en el cuadro 1 de resultados donde se establece la selección previa de actividades de acuerdo a una escala de colores. Bajo este criterio, se establecieron las posibles actividades a analizar, que en orden de importancia, de acuerdo a su costo, corresponden a paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas, columnas y muros estructurales, entrepisos tapicheles y viga corona de concreto reforzado a las cuales se les realiza el análisis Pareto, tal y como se muestra en la figura 25, en donde se observa que las actividades que se encuentran en la zona de pocos vitales corresponden a paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas, columnas y muros estructurales, sin embargo esto no basta para la selección definitiva de las actividades.

Seguidamente se realizó la clasificación A B C que está basada en el análisis Pareto, según se muestra en el cuadro 2, se le asigno tipo "A" a aquellas actividades que presentaron un porcentaje acumulado entre 0 y 80%, tipo "B" a las que se encontraran entre el 81 y el 95% y tipo "C" desde el 96 y hasta el 100%, esto según lo explicado por Hasbum. (2014)

En el cuadro 3, de resultados, se encuentra el nivel de criticidad asignado a las actividades según el criterio de expertos encargados de la obra, a las paredes de mampostería de concreto y arcilla y a los entresijos se les asignó grado 1, ya que según ellos estas son vitales en el avance de la obra y se pueden generar atrasos debido a la complejidad, disponibilidad de materiales o a la productividad con que los trabajadores realicen las tareas al ser trabajos pesados. A la viga corona se le asignó grado de criticidad 2 ya que no son muy complejas de construir sin embargo al momento de realizar la toma de datos no se encontraba ninguna construida y esto podría alterar el avance de la obra, la viga corona se consideró un tanto crítica debido a que presenta procesos como el colado de viga que podía generar complicaciones al realizarlo ya que no se contaba con una grúa torre o bomba telescópica que facilitara el trabajo. Se le asignó grado 3 a columnas y muros estructurales y tapicheles debido a que la magnitud de trabajo que restaba se consideraba baja respecto a las demás actividades, la mayoría de columnas y muros se encontraban terminados, pues pertenecían al primer nivel, y los tapicheles eran relativamente de áreas pequeñas.

Finalmente se realizó la combinación de las clasificaciones anteriores obteniendo así, según se observa en el cuadro 4, que las actividades alfa, que requieren mayor atención, corresponden a paredes de mampostería de concreto, arcilla y livianas, columnas y muros estructurales y entresijos, la actividad gamma corresponde a tapicheles y beta pertenece a la viga corona de concreto reforzado.

A pesar de que en la selección anterior se establecieron las actividades alfa que son las que requieren mayor atención durante su construcción debido al costo que representan, se trató de darle mayor énfasis a la criticidad asignada por los profesionales de la obra, ya que si estas pueden implicar atrasos por materiales, complejidad de construcción o improductividad de los trabajadores por cansancio, sería muy probable que sean estas mismas las que aumenten el costo de la obra por costos del recurso humano. De esta manera, se obtuvieron las actividades a estudiar, se seleccionaron la actividad de entresijo, la actividad de paredes se decidió analizar como dos por aparte, teniendo así paredes de bloques de arcilla y paredes de bloques de concreto, excluyendo paredes livianas ya que corresponden a las actividades que se realizan casi al final del

proyecto, también se seleccionó viga corona de concreto reforzado, para un total de 4 actividades a analizar dentro de las cuales se encuentran tres clasificadas como alfa y una beta, consideradas de alto y medio cuidado en su elaboración según la matriz Alfa, Beta, Gamma, y lo explicado por Hasbun (2014). Las actividades seleccionadas fueron descompuestas en cada uno de sus procesos para estudiar su productividad, rendimientos y establecer parámetros para controlar su calidad.

Según mencionaron Botero y Álvarez (2004), existen tres tipos de productividad, la de materiales, la de mano de obra y la de maquinaria, sin embargo ellos afirman que la mano de obra es de las más importantes ya que los trabajadores son los que se encargan de marcar el avance de la obra, por esto se decidió analizar mediante la selección de una muestra de la población de una cuadrilla típica para cada proceso seleccionado. El tamaño de observaciones mínimo por realizar fue definido de acuerdo a lo explicado en el marco teórico según los autores Oglesby, Parker y Howell (1988) en donde establecen un mínimo de 384 mediciones para tener un porcentaje de confianza del 95%.

Entresijo

En la figura 26 se muestra el diagrama del flujo general para la actividad entresijo, en él se representa la secuencia de acciones, en un orden específico, que corresponden a los procesos, según Leandro (2015), necesarios para llevar a cabo la actividad, y que se encuentran dentro de las figuras rectangulares, la figura en forma de paralelogramo establece la entrada de algunos datos que hay que tener en cuenta durante los procesos. Para esta actividad se debió contar con autorización, por parte de la inspección, para proceder al colado de losa una vez realizada la limpieza de la zona a colar, con el fin de corroborar que se estaba cumpliendo con lo detallado en planos y especificaciones, garantizando así la calidad del elemento.

En el cuadro 5, se muestran los recursos necesarios para llevar a cabo cada uno de los procesos seleccionados, el mismo incluye la cantidad de trabajadores por cuadrillas, los materiales utilizados y los recursos necesarios para llevarlos a cabo. Se observa que durante la

colocación de viguetas y bloques de entrepiso se hace uso del manitou, el cual es una maquinaria capaz de realizar múltiples funciones, entre ellas el transporte de materiales con un amplio brazo de alcance. Para su uso es necesario disponer de un operario calificado en su conducción. En el proceso de colado de la losa es donde se concentra la mayor demanda de mano de obra, esto se debió a la gran cantidad de tareas presentes durante su ejecución, a pesar de que algunos eran en su mayoría destinados a tareas contributivas fue necesario tener una o varias personas encargadas de tareas de apoyo para completar dicha labor, mientras que para la colocación del acero de refuerzo se utilizó la menor cantidad de mano de obra, pues en las tareas de colocación de malla electrosoldada no requería gran cantidad de personal, el cual se utilizó en el transporte de mallas y colocación de amarras.

Colocación de viguetas de entrepiso

Al igual que para la actividad en general de entrepiso, se desarrollaron diagramas de flujo para cada uno de los procesos, en la figura 27 se muestra la representación gráfica de las tareas correspondientes a la colocación de viguetas de entrepiso. Como primera decisión en este diagrama se presenta el mecanismo de colocación de las viguetas indicando si se utiliza manitou o su traslado es manual. Como segunda condición se establece si la colocación que presenta el acero de las vigas permite colocar la vigueta o si se deben realizar ajustes y finalmente era necesario preguntarse si la vigueta se encontraba bien colocada o se debía acomodar, esto para evitar atrasos en el siguiente proceso. El resto de tareas sigue un flujo continuo y en algunas se establecen otras aclaraciones para su entendimiento, establecidas dentro de la figura del paralelogramo.

Para este proceso, se realizaron tres muestreos de trabajo, durante dos días diferentes de la semana pero en tres turnos distintos del día, con variaciones de temperatura según se presentó en los cuadros 6, 8 y 10. En el primer día se desarrolló un muestreo antes del café y otro en horas de la tarde, mientras que el tercer muestreo realizado un segundo día se hizo en la

mañana, pero posterior al tiempo del café. La temperatura varió entre 20 y 24 °C, sin embargo durante estos días había presencia de llovizna lo cual pudo afectar el rendimiento de los trabajadores.

En los cuadros 7, 9 y 11 se observa que las tareas que se realizaron en cada muestreo, por parte de los trabajadores, variaron de uno a otro, principalmente en funciones contributivas y el muestreo 2 se diferencia del 1 y 3 en que en este segundo se utilizó el manitou como medio de colocación de viguetas.

Para el muestreo 1, según se muestra en la figura 28 se obtuvo un porcentaje de trabajo productivo de 25,25%, contributivo de 32,61% e improductivo de 42,13% lo cual se ve reflejado en el cuadro 7 donde los tiempos de espera alcanzaron el mayor porcentaje con un valor del 17,26%, aumentando así la improductividad del proceso. A partir de la figura 29 se obtuvo que el trabajador menos productivo correspondió al ayudante 4 con un nivel de improductividad del 58,38%, que según el gráfico crew balance (figura 30), se debió a que este trabajador estuvo durante aproximadamente un 20% de su tiempo esperando realiza sus labores y otro 20% ausente de sus labores.

A partir de la figura 30, correspondiente al gráfico crew balance para este primer muestreo, se observa como todos los trabajadores tienen tiempos de espera pero en mayor cantidad tres de ellos, mientras el otro se dedicaba a acomodar la vigueta. Esto indica que la conformación de las cuadrillas o la asignación de las tareas no era la adecuada, ya que mientras un trabajador acomodaba la vigueta los demás trabajadores podrían haber transportado otra vigueta.

En el muestreo 2, se presentó la variante del uso del manitou como medio de colocación de la vigueta lo que ocasionó un aumento a un 20,21% en el tiempo de transporte de la vigueta según se observa en el cuadro 9, indicando que el uso del manitou en colocación de viguetas de entrepiso ocasionó una disminución del trabajo productivo. El transporte de la vigueta corresponde a una tarea contributiva y su aumento se refleja en la figura 31 donde se disminuyó el trabajo productivo a 14,53% y se aumentó el contributivo a 51,37%. En la figura 32 se refleja la poca productividad de cada uno de los trabajadores los cuales realizaron más que todo tareas de carácter contributivo, las cuales según la figura 33, donde se presenta el Crew

balance corresponden en su mayoría al transporte de la vigueta y las acciones de jalar la vigueta, y llevarla hasta el lugar donde se colocaría.

Para el muestreo 3, según el cuadro 11 la tarea que se realiza en mayor cantidad corresponde a la colocación de la vigueta con 14,72% sobre el total de tiempo observado muy seguida de tiempos de conversación de 14,18%, transportes de vigueta de 13,48% y esperas con 13,12%, generando un porcentaje de productividad de 21,10 %, de trabajo contributivo de 39,54 % similar al no improductivo de 39,36% (figura 34), lo cual se desglosa en la figura 35 con los niveles de productividad de los trabajadores en donde se observa que todos presentaron niveles bajos en trabajo productivo pero similares y altos en trabajos contributivos e improductivos. Esta situación se podría mejorar a partir de una mejor asignación de tareas en cada cuadrilla, se podrían tener ciertos trabajadores destinados a colocar las viguetas y otros a su transporte, así se disminuirían los tiempos de espera.

El gráfico Crew balance de la figura 36 muestra que los tiempos de conversación y espera se realizaban en su mayoría por el operario 1 y los ayudantes 2 y 3, el ayudante 1 presentó mayor tiempo invertido en esperas mientras los demás se dedicaban a la colocación de las viguetas.

El nivel de productividad durante estos muestreos se mantuvo entre el 14,53% y el 25,25%, niveles relativamente bajos que se vieron influenciados por largos tiempos de espera que generaron improductividades de hasta 42,13%, que se encuentra cercano al valor de 40% establecido como un valor normal de tiempos en la construcción, perteneciendo el restante 60%, en este caso a la suma del tiempo productivo y del contributivo, estos valores corresponden a los establecidos por Oglesby, Parker y Howell (1988).

De acuerdo a las figuras que representan los niveles de productividad de cada trabajador se aprecia que por lo general siempre había un trabajador que alcanzaba niveles de improductividad mayores al 40%, mientras que los otros tampoco llegaban a altas productividades y de acuerdo a los crew balance de cada proceso, por lo general había un trabajador que trabajaba más mientras los otros esperaban. Una buena opción para disminuir los tiempos improductivos sería tener a ciertos

trabajadores transportando viguetas hasta distintas zonas donde se ubiquen varias cuadrillas destinadas a la colocación de estas, así se mantendrían en trabajo constante y se haría de una forma más rápida este proceso.

El rendimiento; establecido en el cuadro 12, se obtuvo a partir de cada uno de los tres muestreos realizados, durante el primer muestreo se obtuvo un rendimiento de 0,388 HH/m² con 4 trabajadores, en el segundo muestreo se incrementó a 5 trabajadores, obteniendo un rendimiento de 0,306 HH/m² mientras que para el tercer muestreo se volvieron a tener 4 trabajadores con un rendimiento de 0,319 HH/m², teniendo así un rendimiento promedio de 0,338 HH/m² con una desviación estándar relativamente baja de 0,044 que genera mayor confianza de los datos obtenidos, esta desviación es considerada como un valor bajo ya que los valores se encuentran muy cercanos al valor medio o promedio obtenido. Los datos obtenidos de rendimiento para cada muestreo no se encuentran muy dispersos entre ellos ni respecto al promedio, lo cual se evidencia con el coeficiente de variación obtenido de 0,130, valor relativamente bajo. Finalmente a partir del factor de incremento se obtiene un rendimiento final de 0,372 HH/m² expresado en horas operario y horas ayudante en el cuadro 13.

En la figura 37, se representa la relación que existe entre el trabajo productivo, contributivo, no productivo y el rendimiento obtenido en cada muestreo, para este proceso se presentó la mayor productividad y rendimiento durante el primer tramo del día, es decir antes del café, pero el menor valor de estos factores en horas de la tarde del mismo día pero con un aumento de la temperatura en 4°C. Para este proceso en específico se presentó una variación constante entre el rendimiento y el trabajo improductivo, obteniendo así a mayor tiempo improductivo mayor rendimiento, teniendo siempre claro que un mayor rendimiento significa una mayor cantidad de horas destinadas a elaborar una unidad de trabajo. Sin embargo no significa que siempre se vaya a presentar así por lo cual se haría útil una mayor toma de datos, esta situación se pudo deber a que en todos los muestreos se observaron las mismas tareas productivas e improductivas, siendo las productivas las que marcan generalmente el avance en metros cuadrados de este proceso.

Colocación de bloques de entepiso

En la figura 38 se muestra el diagrama de flujo que representa las tareas llevadas a cabo durante el proceso de colocación de bloques, en ella se nota que las tareas llevan un flujo continuo hasta que se topan con la colocación en sí de los bloques en su respectivo lugar, ya que se debe establecer si la vigueta colocada anteriormente permite la colocación del bloque o si se le debe realizar un acomodo.

Para este proceso se realizaron tres muestreos durante tres días diferentes de la semana a distintas horas del día y bajo distintas condiciones de temperatura, según se mostró en los cuadros 14, 16 y 18 que contienen la información general para cada muestreo. El primer muestreo fue realizado en horas de la tarde, el segundo después del café de la mañana y el tercero antes del café, esto para ver la diferencia que se puede dar en la productividad durante estos distintos tramos del día.

En los cuadros 15, 17 y 19 se puede apreciar que durante los tres muestreos se realizaron las mismas tareas. En el cuadro 15 perteneciente al muestreo 1 se puede observar que se realizaron un total de 942 mediciones observando en su mayoría la colocación y el transporte de bloques con un 21,02% y 21,66% del total observado. Para el muestreo 2, en el cuadro 17 se presentan 1014 donde en su mayoría se dio la descarga, el transporte y la colocación de bloques con porcentajes sobre el total del tiempo medido de 16,17%, 13,02% y 11,34% respectivamente, y para el muestreo 3 se hicieron 972 mediciones según el cuadro 19, con el mayor porcentaje sobre colocación de estereofón con un valor del 23,15 %. Superando en los tres casos el mínimo de observaciones establecidas como 384, por los autores Oglesby, Parker y Howell (1988).

A partir del cuadro anterior y la clasificación de estas tareas en productivas, contributivas e improductivas se obtuvieron los niveles de productividad. Para el muestreo 1, como se observa en la figura 39, se obtuvo un porcentaje de productividad general para el proceso de 23,04%, un tiempo contributivo de 34,61% y uno improductivo de 42,36%, estos porcentajes son expresados en la figura 40 para cada uno de los trabajadores, el operario 1, y los

ayudantes 3 y 4 son mayormente contributivos, el operario 2 junto al ayudante 1 presentaron los mayores niveles de productividad y el ayudante 2 fue muy improductivo. Para entender el porqué de estos niveles se tiene la figura 41 que pertenece al crew balance donde se observa que el operario 1 paso la mayor cantidad de tiempo operando el manitou sobre funciones de carga y descarga de bloques que permitieron transportar este material desde el lugar donde se encontraba almacenado hasta el edificio en construcción, el operario 2 y el ayudante 1 pasaron la mayor cantidad de tiempo colocando bloques, el ayudante 2 se encontró durante mucho tiempo ausente y los ayudantes 3 y 4 ejercieron en mayor cantidad la tarea de transporte de bloques.

Para el muestreo 2 se presentaron variaciones de tiempos respecto al anterior, se obtuvo un trabajo productivo del 20,91%, contributivo del 42,90% e improductivo del 36,19% según la figura 42, la cual se desglosa de acuerdo al tipo de trabajador en la figura 43 donde se nota que el operario del manitou realiza labores generalmente contributivas al ser el que transporta los bloques desde el lugar donde están almacenados. En la figura 44 se muestra el gráfico Crew balance que muestra como el operario 1 pasa la mayor cantidad del tiempo esperando que se dé la descarga de bloques, que es realizada en su mayoría por el ayudante 4, mientras el operario 2 y el ayudante 1 se encargan por lo general de colocar bloques transportados en su mayoría por el ayudante 3, el ayudante 2 presenta un nivel considerable de tiempo ocioso el cual se genera por el cansancio que produce estar transportando los bloques que son considerados como pesados.

En el muestreo 3 se presentó un aumento del tiempo productivo hasta un 38,07% y una disminución del contributivo e improductivo a porcentajes de 34,26% y 27,67% respectivamente según la figura 45, estos datos se pudieron deber a que este muestreo fue realizado en horas de la mañana antes del café y muy probablemente los trabajadores aun no sentían cansancio. En la figura 46 se releja como el operario 1 encargado de manipular el manitou para el transporte de bloques continua realizando trabajo contributivo, el operario 2 junto con los ayudantes 1, 2 y 4 presentan en su mayoría niveles altos de productividad mientras que el ayudante 3 es más que todo contributivo ya que según la figura 47 es el que realiza generalmente

el transporte de bloques que le permite al operario 2 y los demás ayudantes colocar los bloques sin tener que transportarse a recogerlos hasta el lugar donde los descarga el manitou.

A partir del análisis de cada muestreo se puede observar que por lo general hay un trabajador, llámese ayudante, que no aporta mucho trabajo productivo al proceso, según los gráficos de crew balance un operario, quien maneja el equipo, está destinado a todas las tareas que conlleven al transporte de los bloques desde el lugar de almacenaje hasta el edificio, dos ayudantes se encargan, generalmente, de transportar los bloques desde donde los descarga el manitou o backhoe hasta donde se encuentra el otro operario junto con un ayudante colocando los bloques que son las tareas que realizan en su mayoría, sin embargo un cuarto ayudante que por lo general se encuentra descargando bloques y transportándolos desarrolla tiempos altos de traslado, espera, ocio o ausencias debido a que muchas veces no encuentra que hacer, para lo cual sería ideal destinarlo en otras labores que pueda ir realizando alternadamente entre distintas cuadrillas.

Se obtuvo un rendimiento a partir de cada uno de los muestreos, durante los tres intervinieron 6 trabajadores, correspondientes a 2 operarios y 4 ayudantes, como se muestra en el cuadro 20, del muestreo 1 se obtuvo un rendimiento de $0,168 \text{ HH/m}^2$, a partir del muestreo 2 un rendimiento de $0,406 \text{ HH/m}^2$ y del muestreo 3 uno de $0,241 \text{ HH/m}^2$, todo esto a partir de la medición del trabajo realizado en cada uno de los videos tomados por muestreo. Se nota que los rendimientos varían en gran magnitud uno del otro, lo cual se refleja en la desviación obtenida de $0,122$, indicando una dispersión considerable de cada uno de los datos obtenidos respecto al valor promedio, pero principalmente en el coeficiente de variación del $0,449$ que se vio afectado por la desviación que presentan los datos uno del otro, otro factor que pudo provocar un aumento en este coeficiente es el tener valores de rendimientos cercanos a cero lo cual generó una pérdida en la validez de los datos.

Finalmente, aplicando el factor de incremento del $0,099$, se obtuvo el rendimiento final de $0,299 \text{ HH/m}^2$. En el cuadro 21 se presenta el rendimiento final obtenido anteriormente pero expresado en horas operario y horas ayudante, necesarios para la elaboración de la base de datos.

En la figura 48 se representa la relación entre las diferentes categorías de trabajo y el rendimiento, en este caso no se presenta la misma relación entre el trabajo no productivo o improductivo y el rendimiento, que se obtuvo para la colocación de viguetas, presentándose la mayor productividad en el transcurso de la mañana antes del café pero el mayor rendimiento después del café bajo una menor productividad. Con esto se demuestra que no siempre existe una relación lineal entre la productividad y el rendimiento de una misma cuadrilla, ya que se puede dar que aunque los trabajadores siempre estén realizando labores, las realicen de forma lenta por factores como cansancio o el espacio disponible, lo cual genera una disminución en la cantidad del trabajo realizado y por ende del rendimiento, pero al estar realizando labores no se ve afectada su productividad. Además se puede observar que el menor rendimiento con la productividad más alta se obtuvo cuando la temperatura se encontraba más baja, en donde los trabajadores trataban de mantenerse activos para generar calor corporal, pero las condiciones del clima, que se encontraba lluvioso, generaban lentitud en sus labores.

Colocación de acero de refuerzo

En la figura 49 se encuentra el diagrama de flujo del proceso de colocación de acero de refuerzo, en donde se observa que son muy pocas tareas las que se llevan a cabo y por eso son cuadrillas de 4 trabajadores nada más, presentan un flujo continuo y el único punto donde se puede presentar una interogante que varíe la secuencia es en cuanto al tamaño de la malla electrosoldada, ya que si el lugar donde se debe colocar es pequeño o presenta una forma distinta a la de la malla, esta se debe cortar para ajustarla a la zona en específico.

Los cuadros 22, 24 y 26 presentan la información general bajo la cual fue realizado cada uno de los tres muestreos, se realizaron durante dos días distintos pero al igual que en ocasiones anteriores durante tres tramos distintos de la jornada laboral. Para el muestreo 1 se tomaron 388 observaciones, para el 2 aumentaron a 488 y para el 3 se volvieron a tomar 388, cercanas al valor estipulado de 384 pero siempre sobrepasando este mínimo.

Las tareas realizadas por los trabajadores, durante los tres muestreos, nunca

cambiaron de uno a otro, según lo detallado en los cuadros 23, 25, y 27. En el cuadro 23, perteneciente al muestreo 1, la tarea que presenta un mayor porcentaje de realización durante su observación corresponde a colocación de amarras, la cual correspondía a una labor lenta, ya que debían amarrar todas las zonas donde se traslapaba la malla, el menor tiempo presentado correspondió a ocioso ya que al no ser un trabajo tan pesado y en donde siempre era necesario estar colocando amarras los trabajadores siempre tenían algo que hacer y por tanto los mayores tiempos se reflejan en actividades productivas tal y como se representa en la figura 50 en donde se obtuvo un 61,60% de productividad, 10,05% de trabajo contributivo y 28,35% de trabajo improductivo. Además en la figura 51 se observa como todos los trabajadores alcanzaron altos porcentajes de sus tiempos productivos, manteniéndose siempre por encima del 45%. De la figura 52 se puede decir que el ayudante 1 dedico la mayor parte de su tiempo a colocar amarras, mientras que el operario 1 y los ayudantes 2 y 3 colocaron mayormente la malla y luego se dedicaron a colocar amarras y otras tareas.

Para el muestreo 2 se encuentra una situación similar, la mayor cantidad de tiempo observado fue sobre la tarea de colocación de amarras con un 27, 25%, seguida de la colocación de malla con un 26,84% del tiempo total observado, según el cuadro 25. En la figura 53, se observa como los niveles de productividad no variaron mucho respecto al muestreo anterior, se tuvo un porcentaje de trabajo productivo del 59,02%, de trabajo contributivo del 15,37% y de improductivo del 25,61%, manteniéndose igualmente los altos estados de productividad para cada trabajador según la figura 54 en donde se tiene como menor valor productivo un 49,18%, llegando hasta un 72,95%. La figura 55 muestra que esos tiempos productivos correspondieron a que los trabajadores se dedicaron la mayoría de su tiempo a las labores de colocación de malla y de amarras, de manera conjunta entre ellos.

Para el muestreo 3 se presentó una disminución en la colocación de la malla y un aumento en el transporte de los trabajadores (cuadro 27) para transportar la malla, debido a que se encontraban en una zona más lejana de donde tenían apiladas las mallas, esto provocó una disminución en la productividad hasta un 45,10% y un aumento del tiempo improductivo

hasta un 43,56%.(figura 56) Sin embargo los niveles de productividad de los trabajadores se mantuvieron altos, entre 42 y 47% (figura 57) pero aumentaron sus niveles de trabajo no improductivo hasta un 44,33% debido a que los trabajadores se debían transportar más en busca de la malla. Y en la figura 58 se puede apreciar que los trabajadores la mayoría de las veces se encontraban realizando las mismas labores que correspondieron en gran parte a la colocación de amarras al igual que en los muestreos anteriores.

Los rendimientos obtenidos bajo las mismas condiciones de los muestreos anteriores no presentaron una variación muy grande (cuadro 28), siempre fueron obtenidos para una misma cantidad de trabajadores de trabajo realizado, para el primer muestreo se obtuvo un rendimiento de 0,029 HH/m², para el segundo 0,037 HH/m², y para el tercero nuevamente 0,029 HH/m². Debido a que se tuvieron resultados muy similares la desviación estándar fue muy baja, de 0,004, y el coeficiente de variación de 0,138 lo cual quiere decir que el tamaño de la media no se ve afectada en mayor cantidad por la varianza que se presenta en los datos. El rendimiento final obtenido correspondió a 0,035 HH/m² y se encuentra expresado en horas operario y horas ayudante en el cuadro 29, siendo menor para operarios y mayor para ayudantes ya que había solamente un operario y 4 ayudantes.

La figura 59 muestra nuevamente que no siempre una alta productividad implica una disminución en la cantidad de horas necesarias para desarrollar una unidad de trabajo por parte de una cuadrilla, ya que son variables independientes que dependen principalmente del lugar de trabajo, el estado de ánimo, el clima u otros factores que pueden generar que las labores se realicen lentamente a pesar de que siempre estén trabajando y se genere un aumento de la productividad. En ella se observa la temperatura, que tampoco fue un factor determinante para el aumento de la productividad pero se sigue manteniendo mayores niveles en horas de la mañana, específicamente antes del café. A pesar de que las tareas desarrolladas durante los tres muestreos fueron exactamente las mismas, se obtuvo un rendimiento mayor a pesar de que la cantidad de trabajo realizado fue mayor, pero se dieron muchos tiempos de traslado de la malla.

Para este proceso los niveles de productividad superaron los niveles normales

para la construcción durante los muestreos 1 y 2, pertenecientes a una relación 40-60%, alcanzando hasta un 75% de trabajo productivo y contributivo.

Colado de la losa

Para el colado de la losa se presenta el diagrama de flujo con sus respectivas tareas en la figura 60, es un proceso con mayor cantidad de labores por realizar pero necesarias de ir realizándolas seguidas unas de otras antes de que el concreto comience a endurecer, era necesario determinar si el concreto se encontraba bien distribuido ya que si no los ayudantes debían devolverse a quitar excesos o colocar faltantes en zonas que así lo requirieran, para que al momento de pasar el codal quedará una superficie pareja.

En los cuadros 30, 32 y 34 se muestra la información general bajo la cual fue realizado cada muestreo, para este proceso no fue posible realizar observaciones durante distintos días debido a que la losa se coló totalmente en un solo día, la colada inicio en horas de la tarde y se extendió hasta la noche, lo cual junto con la lluvia altero la productividad de los trabajadores.

El cuadro 31 perteneciente a las tareas realizadas durante el muestreo 1, muestra como el tiempo invertido en mayor cantidad correspondió a esperas, esto porque fue el inicio de la colada donde muchos de los trabajadores no podían realizar tareas que les correspondía, como el codaleo o el pasar la flota, esta situación afectó la productividad obtenida en la figura 61 correspondiente a 25,48 y genero un alto tiempo improductivo de 49,84% en casi que la mitad de los trabajadores no se encontraban haciendo nada, según se observa en la figura 62, donde los operarios 4, 5 y 6 y los ayudantes 3, 4 y 6 pasaron la mayoría del tiempo en trabajo improductivo representado en el crew balance (figura 63) como tiempos de espera mientras los demás distribuían de distintas formas el concreto.

El cuadro 33, corresponde a las tareas realizadas durante el muestreo 2 del colado del entrepiso, en donde aún se sigue presentando en mayor cantidad los tiempos de espera, pero casi igualados por los de paleo para distribuir el concreto, ya para este muestreo habían más trabajadores en labores productivas lo cual produjo un aumento de la productividad hasta un valor de 52,46% (figura 64), generando mayor

productividad de los trabajadores según la figura 65, en donde solo el ayudante 5 presento un alto porcentaje de trabajo improductivo en donde según la figura 66 se dio porque la mayoría del tiempo estuvo ausente, y no se supo que se encontraba haciendo en ese momento.

El muestreo 3, se realizó fuera de la jornada laboral, se inició a las 5:00pm y pese a que los trabajadores trataban de realizar sus labores de una forma rápida pero eficiente el clima no lo permitió, se encontraba lloviendo y se oscureció rápidamente lo cual ocasiono una disminución de la productividad a 47,45% (figura 67, aunque el tiempo improductivo no vario en mayor cantidad, la figura 68 muestra como los trabajadores trataron de mantenerse siempre realizando tareas productivas o contributivas a excepción de los ayudantes 3, 4 y 6 que tuvieron porcentajes de tiempos improductivos superiores al 50% y que según se muestra en la figura 69 correspondieron a tiempos de espera mientras los demás distribuían concreto o les daban cambio para ellos poder palear, lo cual correspondía a su principal función. La mayor cantidad de observaciones que se tuvieron para este muestreo correspondieron nuevamente a las espera (cuadro 35).

A partir de los grafico crew balance de cada uno de los muestreos realizados al colado de la losa se puede generar criterio sobre la gran cantidad de gente que intervienen en este proceso y que no siempre es necesaria, se tiene a mucha gente distribuyendo el concreto con palas y cucharas en una zona relativamente pequeña lo cual genera que en lugar de ayudarse muchas veces lleguen inclusive a estorbarse y no puedan desarrollar sus labores de una manera adecuada y genera que deban esperar mayor cantidad de tiempo para ellos entrar a trabajar mientras que los demás pasan a esperar.

Para obtener el rendimiento, se observó el tiempo que duraban distribuyendo y acomodando por completo el concreto contenido en una chompipa de 7 m³, siempre bajo el mismo tamaño de la cuadrilla, durante el primer muestreo se obtuvo un rendimiento de 0,735 HH/m³, para el segundo 0,936 HH/m³ y para el tercero 0,727 HH/m³, siendo valores que no varían mucho uno de otro lo cual se refleja en la desviación estándar obtenida de 0,118 considerada como baja y un coeficiente de variación que relaciona el tamaño de la muestra con la variabilidad de la variable en un 0,148

(cuadro 36). Aplicando el factor de incremento se obtuvo un rendimiento final de 0,879 HH/m³, representado sobre horas operario y horas ayudante en el cuadro 37, siendo mayor para los ayudantes ya que estos intervinieron en mayor proporción.

En la figura 70 se muestra la relación entre el trabajo productivo, contributivo, improductivos y el rendimiento, para este caso el rendimiento mayor se presentó durante la mayor productividad, sin embargo durante la menor productividad no se tuvo el menor rendimiento a pesar de haber sido realizado el mismo día bajo un ritmo constante de trabajo, con esto se demuestra una vez más que no necesariamente el rendimiento depende de la productividad con que los trabajadores realicen cierta cantidad de trabajo. Esta relación se vio afectada, principalmente, debido a que durante todos los muestreos variaron las tareas que se realizaron, aumentando las distintas tareas conforme avanzaron la toma de datos. Este proceso se inició con una productividad baja sin embargo durante los últimos dos muestreos se alcanzó el rango típico de productividad en la construcción al encontrarse entre el 40 y el 60% de productividad, para el primer muestreo se tuvo un porcentaje bajo debido a que se estaba iniciando a distribuir el concreto y habían varios trabajadores esperando para iniciar sus labores. Las condiciones del clima, iluminación durante la colada y el estar trabajando fuera de la jornada laboral, no afectaron el desempeño de los trabajadores en esta ocasión, generando más bien el deseo de terminar sus labores rápido, pero de una manera eficiente, para poder retirarse a sus hogares.

Paredes de bloques de arcilla

El estudio de trabajo para las paredes de bloques de arcilla se realizó considerando la actividad como un proceso. En la figura 71 se muestra el diagrama de flujo en donde se representan todas las tareas llevadas a cabo durante la construcción de una pared de bloques de arcilla, es importante tomar en cuenta que los bloques de arcilla tienden a agrietarse con la sequedad, por eso es importante mantenerlos sumergidos en agua

limpia dentro de un estañon hasta que los mismos dejen de burbujear, lo cual es señal de que se encuentran totalmente húmedos para que al momento de colocarlos no se quiebren o agrieten. Los ladrillos deben ser raspados previo a su colocación para lograr un acabado agradable, al ser un trabajo en el cual se da el acabado a la pared al mismo instante, se debe usar arena fina en la preparación del mortero así como detallar las sisas y lavar la pared antes de que el concreto y el mortero endurezcan, es importante también seleccionar los ladrillos de manera tal que no presenten grietas, pedazos faltantes o rayas de lápiz. Las celdas se debían rellenar en su totalidad.

En el cuadro 38 se muestran los recursos necesarios para la construcción de paredes de bloques de arcilla, las cuadrillas se encontraban compuestas por un operario encargado de dar órdenes y colocar los bloques de arcilla y dos ayudantes encargados de preparar mortero y concreto, realizar la selección de ladrillos, el corte, acabado de sisas, lavado de pared y demás tareas que se detallan en el diagrama de flujo. Además se mencionan todos los materiales y equipos determinados a partir de observación durante este proceso.

Los cuadros 39, 41, 43, 45, 47, 49 y 51 muestran la información general bajo la cual fue realizado cada uno de los 7 muestreos para este proceso, se llevaron a cabo durante 6 diferentes días de la semana, se realizaron dos muestreos en horas de la mañana antes del café y tres después del café y en horas de la tarde después del tiempo de almuerzo se realizaron dos muestreos más, Para el primer muestreo se obtuvieron 543 observaciones, para el segundo 471, para el tercero 630, para el cuarto 726, para el quinto 696, para el sexto 411 y finalmente para el séptimo 723, superando en todos los casos el mínimo establecido anteriormente de 384. La temperatura vario entre los 13 y los 24°C de un muestreo a otro, teniendo días muy soleados y calurosos y otros con llovizna, lo cual afectó el rendimiento y la productividad obtenidos de cada muestreo.

En los cuadros 40, 42, 44, 46, 48, 50 y 52, se establecen las tareas realizadas para cada muestreo en donde se presentan pequeñas variaciones en algunas tareas que son realizadas en ciertos muestreos y en otros no, respecto al general de tareas productivas detalladas en el diagrama de flujo.

Para el muestreo 1 no se realizaron las tareas de colocación de acero horizontal ni de amaros, según se nota en el cuadro 40, ya que en la hilada que se encontraban colocando aun no correspondía colocar acero de refuerzo, en total se tuvieron 543 observaciones de las cuales la que se presentó durante la mayor cantidad de tiempo correspondió al lavado de pared con un 22,47% del total de tiempo observado, se debió a que la hilada era larga y en este lavado se realiza el detallado de sisas y la eliminación de mortero y concreto presente en los ladrillos ya colocados para dar así el acabado a esta parte de la pared, seguida de estas se presentaron en mayor cantidad las tareas improductivas como los traslados, por parte de los trabajadores, de un lugar a otro de trabajo o en busca de materiales y los tiempos de espera, ya que por lo general un ayudante se encontraba esperando a que otro necesitara algo o le diera instrucciones o el espacio necesario para él llevar a cabo sus labores, En menor cantidad de tiempo se observó el raspado de ladrillos, el transporte del concreto y la corroboración del nivel, cada uno bajo un 0,18% del total de tiempo analizado, debido a que son tareas que se dan de una manera más sencilla sin generar complicación alguna.

En el cuadro 40 es posible apreciar que la mayoría de tareas son consideradas como productivas, lo cual favorece los niveles de productividad presentados en la figura 72, con un trabajo productivo del 59,67%, contributivo del 11,42% e improductivos de 28,91%, y según se detalla en la figura 73 los tres trabajadores contribuyeron a este alto porcentaje obtenido de productividad, manteniendo sus niveles por encima del 49 % llegando inclusive a alcanzar casi un 75% de productividad, lo cual indica que emplearon la mayoría de su tiempo en labores productivas que como indica la figura 74 del crew balance correspondieron al lavado de pared, mientras que sus compañeros desempeñaron labores diversas.

Durante el muestreo 2 (cuadro 42), no se presentaron tampoco las tareas pertenecientes a la colocación del acero horizontal así como tampoco la preparación de concreto y el corte de ladrillos pero se dio la aparición de ausencias por parte de los trabajadores. En esta ocasión se observó en mayor grado el relleno de sisas con un 16,99% del total medido, disminuyendo el lavado de pared a 3,18 % ya que esta vez se

complicó menos y se necesitó menos traslado del ayudante hasta el lugar apropiado para realizar el detallado final. Las tareas observadas en menor cantidad correspondieron al transporte de materiales nuevamente ya que durante su realización no se genera ninguna complicación y se realiza fácilmente.

La productividad bajó en gran medida hasta un 49,89% pero aun así sigue siendo aceptable, subiendo el trabajo contributivo a 19,75% y el improductivo a 30,36% tal como se ve en la gráfica de la figura 75, ya en la figura 76 se nota que el ayudante 3 se mantuvo con una productividad alta, el ayudante 2 paso a realizar más labores contributivas y el operario 1 se mantuvo más productivo, a pesar de que como se muestra en la figura 77 del crew balance estuvo, durante un cierto periodo de tiempo ausente, sin embargo dedico gran parte del tiempo a colocar ladrillos y mortero.

En el muestreo 3 aún no se colocaba acero horizontal, la tarea mayor observada fue nuevamente el relleno de sisas con un 10,16% del total del tiempo medido, seguida de la colocación de ladrillos con un 7,46% y del lavado de pared con un 7,14% e igualmente el transporte de materiales fue el menor observado tal y como se muestra en el cuadro 44. Para este muestreo se obtuvo una productividad del 53,65% (figura 78) representada en todos los trabajadores que presentaron porcentajes altos de productividad según la figura 79. En la figura 80 se nota que el operario 1 se dedicó en mayor cantidad a la colocación de bloques, el ayudante 1 a la medición, marcado y corte de ladrillos y el ayudante 32 al lavado de pared y relleno de sisas.

Durante el muestreo 4 se realizaron 726 observaciones de las cuales un 17,91% se presentó en relleno de sisas y un 9,23% en lavado de pared, siendo las que mayor tiempo consumen, para este muestreo se realizó la colocación de acero horizontal y de amaros, sin embargo el tiempo consumido en ello fue de los menores con un 0,83% y 0,69% respectivamente (cuadro46). La productividad aumentó a 60,14% (figura 81) para lo cual contribuyeron los tres trabajadores según la figura 82 todos mantuvieron los porcentajes más altos en trabajos productivos en comparación con los contributivos e improductivos, estableciendo la figura 83 que el operario 1 realiza durante un casi 40% de su tiempo tareas de colocación de

mortero y de ladrillos aunque por un momento se dedica a hablar con sus compañeros no se afecta su nivel, el ayudante 1 se ocupa de distintas labores en las cuales se destaca la preparación de mortero y selección de ladrillos mientras el ayudante 2 se ocupó en casi el 90% del tiempo en rellenar sisas y celdas y lavar pared.

Del muestreo 5 se destaca que se realizaron la mayoría de las tareas productivas ocupando el mayor tiempo en el relleno de sisas con un 8,48% y el menor en transporte de materiales (cuadro 48), sin embargo en este caso el mayor tiempo general se da en ausencias, la productividad se sigue manteniendo sobre la relación típica en construcción de 40-60%, esta vez con un valor de 49,28% (figura 84), en donde se provocó una disminución debido a la baja de la productividad del operario 1, el ayudante 2 siempre se mantiene como el más productivo (figura 85), la figura 86 muestra que el operario 1 se mantuvo durante un largo tiempo ausente mientras el ayudante 1 realizaba funciones de medición y marcado y el ayudante 2 rellenaba sisas.

Durante el muestreo 6 se disminuyeron las tareas realizadas (cuadro 50) siendo en mayor cantidad realizado el relleno de sisas con un 18,49% y en menor cantidad el transporte de materiales, la productividad se aumentó a 54,26% (figura 87) y solamente el ayudante 1 bajó su nivel (figura 88) ya que según el crew balance desarrollo periodos largos de traslado, ocio y conversación (figura 89).

Finalmente en el muestreo 7 se volvieron a presentar la mayoría de tareas, pero en mayor cantidad el relleno de sisas (cuadro 52) como se ha venido presentando pero esta vez con un 17,57% del tiempo total observado, la productividad se mantuvo en el rango aceptable con un 50,90% (figura 90) pero el ayudante 1 siguió siendo el menos productivo y el ayudante 2 el mayor (figura 91), para el ayudante 2 se presentaron, como siempre, en mayor cantidad las labores de relleno de sisas y lavado de pared (figura 92).

Al finalizar con el análisis de cada muestreo se obtiene que la productividad siempre se encontró sobre el porcentaje del 40%, considerándose como un alto valor para la construcción, se notó además que las tareas más críticas por su duración correspondían al relleno de sisas y el lavado de pared donde se detallan las sisas, de las cuales se encontraba encargado

el ayudante 2 y por tanto fue quien desarrolló mayor productividad durante sus labores, sin embargo todos contribuyeron a la realización de las labores y por tanto se puede considerar que el tamaño de cuadrillas, para esta actividad en específico, se encuentra apropiado.

Un factor que favoreció los altos niveles de productividad correspondió a que los materiales se encontraban cerca del lugar de trabajo, los bloques de arcilla se encontraban apilados en una zona accesible a todas las cuadrillas encargadas de esta actividad para que generaran menor tiempo de traslado en busca de los mismos, sin embargo en la pared analizada se generaron muchos tiempos de traslado ya que era una pared ubicada en el segundo nivel, en una posición incómoda ya que estaba muy cerca de árboles y cuando un ayudante debía trasladarse por los andamios exteriores, a realizar el acabado de sisas y el lavado, se le complicaba su traslado.

Durante la realización de estos muestreos también fue posible la obtención de los rendimientos relacionados a cada uno de ellos (cuadro 53), en cuanto al avance en metros cuadrados de la pared, los datos variaron entre 2,727 HH/m² y 4,216 HH/m², con un coeficiente de variación del 14,2% que indica que la media aritmética obtenida se ve poco afectada por el tamaño de la muestra, pero se decidió no aplicar la eliminación de factores extremos para contar con una mayor cantidad de datos y establecer la comparación con los tiempos productivos, contributivos e improductivo. Tras aplicar el factor de incremento se obtiene un rendimiento final de 3,980 HH/m², del cual 1,327 corresponden a horas operario y 2,653 son horas ayudante, ambos por unidad de trabajo (cuadro 54).

En la figura 93 se muestra la variación del trabajo productivo con el contributivo, el improductivo y el rendimiento obtenido en cada muestreo, en ella se puede observar que no se presenta relación alguna entre estas variables, sin embargo se nota que el rendimiento mayor fue obtenido bajo una improductividad alta, pero no la mayor, en horas de la mañana, específicamente antes de café y bajo una temperatura baja, lo cual puede hacer referencia a que al estar en una temperatura baja con llovizna presente, los trabajadores realizaban más rápidamente su trabajo para lograr calentarse a pesar de que no se logró el mayor nivel de productividad.

Otra situación que afectó en gran cantidad que no se dio una relación específica entre estas variables, fue que no durante todos los muestreos se lograron observar todas las tareas especificadas para este proceso, además que las tareas consideradas como productivas no eran todas causantes del avance en metros cuadrados de la pared, por ejemplo la colocación de acero y de amarras genera aumento en la productividad cuando se realiza de forma constante, sin embargo no genera avance en la misma bajo la unidad que se utilizó para medir el rendimiento, Al determinar el rendimiento en esta actividad en términos de área, la tarea que influye más es la de colocación de bloques.

Paredes de bloques de concreto

En la figura 94 se presenta el diagrama de flujo para paredes de bloques de concreto, actividad que al igual que la anterior, fue analizada como un proceso general, en este diagrama se nota que para estas paredes no se tiene tanto cuidado como en las de bloques de arcilla, ya que el acabado se le da después con el repello, por tanto no se realiza sisado ni una selección tan profunda o raspado de los bloques a utilizar. Cuando los bloques no presentan el tamaño necesario son cortados con un esmeril pero cuando lo que se requiere es dejar un “cajón” para colocar el acero horizontal o algún sistema electromecánico se realiza un picado, en la zona necesaria, con un martillo. Para la pared analizada se colocaba el acero horizontal a cada dos hiladas y el vertical iba cada dos celdas las cuales se rellenaban, únicamente.

En el cuadro 55 se mencionan los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción de la pared de bloques de concreto, las cuadrillas estaban conformadas por 1 operario encargado de colocar bloques y mortero y 1 ayudante que realizaba el resto de las tareas especificadas en el diagrama de flujo, la única diferencia en cuanto a materiales respecto a la actividad anterior es el tipo de bloque y de arena utilizada para preparar el mortero, en equipo ya no se hace uso de esponjas ya que estas paredes no requieren un acabado de sisas ni un lavado para eliminar costras de mortero o de

concreto. Para esta actividad se asigna solo un ayudante ya que no requiere acabado de sisas ni de pared que implique un lavado de la misma, estas son tareas que consumen mucho tiempo debido al cuidado con que se deban realizar y por tanto en paredes de bloques de arcilla se hacía necesario un ayudante más que se encargara en la mayoría de sus labores de realizar estas en específico.

Los cuadros 56, 58, 60, 62 y 64 muestran la información general bajo la cual fue llevado a cabo cada uno de los cinco muestreos realizados para la construcción de paredes de bloques de concreto. Se realizaron durante tres distintos días de la semana pero a diferentes horas del día, uno se realizó en la mañana antes del tiempo de café, dos más a media mañana después del café y los últimos dos en horas de la tarde. La temperatura predominante fue de 22°C sin embargo durante los dos primeros días se alcanzaron 25 y 27°C. La frecuencia de toma de mediciones fue de cada 15 segundos al igual que en todos los procesos estudiados, para tener datos más representativos.

En los cuadros 57, 59, 61, 63 y 65 se presentan las tareas realizadas en cada uno de los muestreos, presentándose variaciones de uno a otro, debido a que por la dinámica de la construcción y el momento en que se inició la toma de datos, no se pudieron observar todas las tareas, además de que en labores como colocación de acero horizontal y amarras se realizaban cada dos hiladas, y en algunas ocasiones no se llegaba en el momento que tuvieran que colocarlos.

Para el muestreo 1 se realizaron 466 (cuadro 57) observaciones de las cuales el mayor porcentaje fue de colocación de bloques con un 12,88% muy seguido de la colocación de mortero con 12,66%, durante este muestreo no se realizó la preparación de mortero sin embargo el ayudante empleó este tiempo en otras tareas donde el menor porcentaje lo ocuparon las tareas de mezcla de mortero, limpieza de baldes al igual que los tiempos de ocio, cada una bajo un 0,43% del tiempo total medido.

El trabajo productivo alcanzado fue del 58,80%, contributivo 17,60% e improductivo de 23,61% (figura 95), lo cual se debe a que la mayoría de tareas realizadas se encontraban clasificadas dentro del trabajo productivo. El operario 1 desarrolló un alto grado de productividad, alcanzando un 79,40% (figura 96)

ya que según se observa en la figura 97 del crew balance el 50% de su trabajo está concentrado en la colocación de mortero y de bloques, mientras que el ayudante 1 presentó una contribución muy parecida en los tres tipos de trabajo, pero mayor sobre el tiempo productivo, esto debido a que es el encargado de desempeñar múltiples tareas productivas y contributivas y que al estar de un lado al otro le generan cansancio lo cual lo lleva a generar tiempos improductivos.

En el muestreo 2 se tuvieron 592 observaciones, pero no se observaron las tareas productivas de colocación de acero horizontal, de amarras ni picado de bloque, De las 592 mediciones las tareas más observadas fueron la colocación de bloques y el relleno de sisas que presentaron un 12,84% y 12,67% del tiempo total observado (cuadro 59), teniendo una variación respecto al muestreo anterior donde la colocación de mortero era de las más altas, esto se dio porque el operario presentó una mayor rapidez durante la colocación de este material pero fue más lento durante el relleno de sisas. La tarea productiva presentada en menor porcentaje fue el corte de bloques que se realizaba muy pocas veces ya que los bloques se usaban en su mayoría completos, cortándose solamente en esquinas, intersecciones o finales de hilada de pared.

El trabajo productivo bajo muy poco con respecto al muestreo anterior, teniendo esta vez un 54,22% de productividad pero se dio un aumento en el trabajo improductivo a 30,57% (figura 98), lo cual se debió a que la cantidad de tareas productivas realizadas se disminuyó. En la figura 99 se nota como el operario disminuyó su productividad pero el ayudante la aumento, sin embargo los niveles de improductividad no superaron el 33,11%. En el grafico crew balance (figura 100), se puede apreciar que el operario dedica más del 50% de su tiempo en tareas de colocación de bloques, de mortero y relleno de sisas, mientras que el ayudante repartió su tiempo en diversas labores productivas y contributivas, principalmente en rellenar celdas y preparar mortero, para este muestreo.

Durante el muestreo 3 se llevaron a cabo 502 observaciones, de las cuales, según el cuadro 61, la mayor parte fue en preparación de mortero con un 14,14% seguido de colocación de bloques con un 12,75%, los tiempos de transporte de materiales fueron los menos

observados y aumentaron los tiempos de transportes de trabajadores y de conversación, En este muestreo se disminuyeron la cantidad de tareas productivas observadas, no se dio colocación de acero horizontal y de amarras ni corte y picado de bloques. Durante este muestreo no hubieron ausencias lo que provoco una disminución del trabajo improductivo a un 25,70% y un aumento del trabajo productivo hasta un 62,75% (figura 101), esta situación se ve reflejada en los niveles de productividad de los trabajadores, presentados en la figura 102, en donde se tienen porcentajes mayores al 60% para cada uno de ellos y donde sus tiempos improductivos no superaron en esta ocasión el 30%.

Observando la figura 103 que representa el grafico crew balance se nota que el operario continua ocupando poco más del 50% de su tiempo en colocación de bloques, mortero y relleno de sisas mientras que el ayudante desempeña múltiples labores aunque esta ocasión tardó más en preparación de mortero.

En el muestreo 4 se realizaron 502 mediciones, presentándose más tareas productivas que en el muestreo anterior (cuadro 63), correspondiendo en su mayoría a colocación de acero horizontal con un 13,15% del total del tiempo medido, seguido de colocación de bloques y relleno de sisas con porcentajes de 12,95 y 8,37% respectivamente. La colocación de acero horizontal se observó en mayoría debido a que se tuvo que realizar varias veces debido a que lo colocaron mal en una ocasión, tardando un 3,59% del tiempo medido en quitarla y después debieron volver a colocarlo. Para este muestreo no se pudieron observar la tarea productiva de preparación de mortero y los transportes fueron las tareas contributivas que se dieron en menor cantidad debido a que tenían todos los materiales cerca de la zona de trabajo.

La productividad se mantiene relativamente constante respecto a los otros muestreos y según se muestra en la figura 104 para este caso se obtuvo un 61,35% de trabajo productivo, disminuyendo un poco el trabajo improductivo a 23,51% a pesar del tiempo utilizado quitando el acero que habían colocado mal, pero que fue compensado con un aumento de actividades contributivas como el tiempo utilizado en subir la línea guía que alcanzo un 8,17% del tiempo total. Estos valores, presentados por trabajador en la figura 105,

reflejan que ambos mantuvieron productividades altas, por encima del 55% y que continuaron bajando sus trabajos no productivos, teniendo esta vez el valor más alto en el ayudante con un 28,69% de improductividad.

En el gráfico crew balance (figura 106) se nota como esta vez el operario destinó una parte de su tiempo para colocación de acero horizontal y que junto con las tareas, nuevamente, de colocación de bloques, mortero y relleno de sisas alcanzan el 60% de su tiempo, mientras que el ayudante sigue desempeñando labores diversas, alcanzando en esta ocasión los mayores porcentajes en preparación de concreto, transporte de mortero y ayudando al operario a colocar el acero horizontal.

El último muestreo realizado para esta actividad, muestreo 5, generó 482 observaciones, representadas en su mayoría por el relleno de sisas y colocación de bloques y en menor cantidad por el picado del bloque (cuadro 65). La cantidad de tareas productivas observadas disminuyeron y aumentaron las contributivas, lo cual se ve reflejado en la figura 107 con un descenso en el nivel de productividad, teniendo esta vez un 48,34% de trabajo productivo, mientras aumentaron los porcentajes contributivos e improductivos a 22,20% y 29,46% respectivamente. Según la figura 108 esta disminución fue causada por el ayudante el cual disminuyó su productividad y aumentó su trabajo improductivo, y nada de responsabilidad del operario quien más bien elevó su productividad a un 75,10%. En la figura 109 se puede notar como el ayudante pasó más del 40% de su tiempo en actividades improductivas de transporte, hablando, esperando y ocioso, que a pesar de que el día aun apenas no comenzaba se encontraba cansado, sin ganas de realizar sus labores, con hambre o le generaba desconcentración al saber que lo estaban grabando, situación que no había ocurrido antes con este trabajador.

Al igual que en procesos anteriores, se obtuvieron rendimientos de trabajo durante la realización de los muestreos, se obtuvieron cinco datos de rendimientos diferentes, para las misma cuadrilla, y en la construcción de la misma pared, variando solamente el tiempo transcurrido y el trabajo realizado, en el cuadro 66 se observa como el menor rendimiento obtenido fue de 1,443 HH/m², y el mayor de 2,571 HH/m², variando en solo un poco más de una unidad uno del otro lo

cual se ve reflejado en una desviación de 0,429 y un coeficiente de variación de 0,204, los cuales se encuentran un poco altos y se pudo deber a la poca cantidad de datos obtenidos y la desviación que se dio, sin embargo por limitaciones ya mencionadas no fue posible obtener más datos. La desviación estándar indica que los datos de rendimiento, obtenidos a partir de cada muestreo, se encuentran muy dispersos respecto al valor promedio, lo cual pudo haber estado afectado por las condiciones bajo las cuales fue desarrollado el trabajo en cada uno de ellos. Aplicando el factor de incremento a la media aritmética de los datos obtenidos se establece un rendimiento final para este proceso de 2,313 HH/m², expresado en el cuadro 67 como 1,157 horas operario y 1,157 horas ayudante, ambos por unidad de trabajo realizado, y con un dato equivalente, ya que solo un operario y un ayudante participaron en esta actividad, encontrándose de inicio a fin en la construcción de la pared.

En la figura 110 se nota una vez más como el rendimiento no tiene una relación directa con los tiempos de trabajo productivo, contributivo e improductivo, ni con los tiempos en que fueron tomados, ni la temperatura presente. Lo que pudo ocasionar una variación no constante entre estos tipos y el rendimiento es la variación de las tareas desarrolladas en cada muestreo, ya que algunas aportan más al avance de la pared que otras, como por ejemplo, la colocación de bloques aporta más al aumento del área de pared, en metros cuadrados que la colocación del acero horizontal, de amarras o el corte y picado de bloques que se encuentran presentes solamente en algunos muestreos y que a pesar de ser consideradas productivas no generan un aumento al área en construcción. Además muchas veces aunque la productividad era alta, porque cuando se realizaba la observación el trabajador se encontraba trabajando, el rendimiento podía elevarse generando mayor cantidad de horas necesarias de trabajo, debido a que los trabajadores llevaban a cabo sus labores de manera más lenta y no al mismo ritmo con que lo hacían de costumbre.

En esta ocasión la mayor productividad se obtuvo en horas de la mañana, y el mayor rendimiento el mayor rendimiento en horas de la tarde.

Viga corona de concreto reforzado

En la figura 111 se muestra el diagrama de flujo para la actividad general de viga corona de concreto reforzado, se detallan los procesos necesarios para llevar a cabo estos elementos, se debe contar con la aprobación por parte de la inspección para que una vez lista la armadura y el encofrado, proceder a colarla. Los procesos analizados fueron: armado de acero, colocación de acero, encofrado, preparación de concreto y colado de la viga.

En el cuadro 68 se establecen los recursos correspondientes a mano de obra, materiales y equipo, necesarios para llevar a cabo cada uno de los procesos estudiados. La mayor cantidad de mano de obra se concentra en el colado de la viga, ya que se necesita gente que transporte el concreto, teniendo un operario encargado del manitou que lleva el concreto desde el sitio de producción hasta las orillas del edificio, donde era descargado a un cajón de madera ubicado en el entresuelo y de ahí un ayudante lo transportaba en carrito hasta donde se ubicaba la viga y lo alcanzaba a otro por medio de baldes en donde había además un operario encargado del vibrado que se encontraba junto a otro ayudante quien sostenía el vibrador, la menor cantidad de mano de obra se encontraba en la colocación del acero ya que no se componía por muchas tareas que se pudieran ir desarrollando por distintos trabajadores a la vez.

Armado del acero

Para este proceso se presenta la secuencia de tareas en el diagrama de flujo de la figura 112, consiste básicamente en el doblado de aros o ganchos que fueron necesarios para los distintos tipos de viga, se realizó en un taller de armadura cercano al edificio y se utilizó una máquina cortadora que simplifica el corte de las varillas.

Se realizaron dos muestreos durante el mismo día ya que en esas ocasiones construyeron los aros y ganchos típicos utilizados en los tipos de viga analizados, sin embargo uno se dio en la mañana y otro en la tarde lo que permitió medir la diferencia entre ambos tramos

del día. En los cuadros 69 y 71 se mostró la información general bajo la cual se desarrolló cada uno de ellos.

Del cuadro 70, se tiene que para el muestreo 1 se realizaron 480 mediciones, de las cuales un 40,21% correspondían a observaciones hechas sobre el doblado de aros, seguida de un 15,63% del transporte de las varillas y en menor cantidad se observaron los tiempos ociosos de los trabajadores debido a que estaban bajo sombra y no realizaban un trabajo tan pesado del cual continuamente tuvieron que estar descansando. Las tareas productivas realizadas fueron muy pocas, correspondían a doblado de aros, ganchos y cortes de varilla representadas en la figura 113 como un porcentaje general de productividad de 46,67% la cual estuvo representada mayormente por los operarios quienes desarrollaron porcentajes de productividad mayores a 55% contrario al ayudante quien presentó un mayor trabajo contributivo (figura 114), el cual, según la figura 115, llevo a cabo en su mayoría la tarea de transporte de varillas, mientras que el ayudante 1 junto con el operario se dedicaron a doblar aros.

En el muestreo 2 se realizaron 387 mediciones de las cuales se observó durante la mayor parte del tiempo el doblado de aros, esta vez en un 46,25% (cuadro 72), este aumento genero además una alza en la productividad general hasta un 62,27% según se muestra en la figura 116, disminuyendo así los tiempos de trabajo contributivo e improductivo tanto para el proceso en general como para cada uno de los trabajadores, tal y como se observa en la figura 117 en donde se nota que el operario 1 subió su nivel de productividad hasta un 83,72% y el 2 hasta 74,42% manteniéndose el ayudante 1 en el nivel más bajo con 28,68% ya que según se muestra en la figura 118 este se dedica en su mayoría a actividades contributivas de transporte de varillas pero desarrolla también el corte de las mismas lo cual le permite tener algo de productividad, mientras que los operarios se seguían dedicando generalmente a doblar aros.

En el cuadro 73 se tienen los rendimientos extraídos de los muestreos anteriores con el establecimiento del tiempo transcurrido y la cantidad de trabajo realizado en cada uno de ellos, se obtuvo un rendimiento de 0,084 HH/kg y otro de 0,077 HH/kg valores muy similares que presentaron una desviación muy pequeña de 0,005 y un coeficiente de variación

de 0,064 que son considerados como bajos y por tanto los datos se consideran como muy validos estadísticamente, Aplicando el factor de incremento al promedio de estos datos se tiene un rendimiento final de 0,089 HH/kg representado en el cuadro 74 como horas operario y horas ayudante por unidad de trabajo realizado.

En la figura 119 se muestra que para este proceso a mayor productividad se tiene menor rendimiento y viceversa, sin embargo como se demostró anteriormente en otros procesos, significando que cuando se tenía una mayor productividad se necesitaban menor cantidad de horas hombre para llevar a cabo las tareas. Estas variables no siempre presentan una relación establecida y sería aconsejable realizar más muestreos sobre este proceso para visualizar mejor la relación que se presenta. Esta relación se dio de esta manera en para proceso ya que las actividades consideradas como productivas eran las que generaban avance en kilogramos de acero, unidad de trabajo que se utilizó para obtener el rendimiento.

El mayor nivel de productividad se obtuvo en la tarde sin embargo no se puede afirmar que la temperatura influyera en cierta medida ya que estas tareas se realizaron bajo techo, lo que sí pudo influenciar para una posible disminución en la productividad fue las constantes intervenciones de otros trabajadores para realizar cortes o dobleces a varillas que se necesitaran en ese momento sobre otro elemento.

Colocación del acero

En la figura 120 se muestran las tareas que se llevan a cabo en la colocación del acero de refuerzo para vigas de concreto reforzado, mediante un diagrama de flujo, durante la colocación se amarran las varillas horizontales previamente colocadas, con un alambre negro para facilitar la colocación de los aros, una vez colocados se sueltan y se acomodan en su posición correspondiente para comenzar a colocar las amarras de acuerdo a la separación indicada en planos, en este proceso se da como tarea final la colocación de helados que generen un recubrimiento de concreto entre el acero y el encofrado.

Se realizaron dos muestreos, durante dos días diferentes de la semana, uno se realizó en la mañana y el otro en horas de la tarde, según se

detalla en los cuadros 75 y 77 correspondientes a cada uno de ellos.

Los muestreos se desarrollaron durante la colocación total del acero perteneciente a cada una de las vigas analizadas, durante el primer muestreo se realizaron 750 mediciones, donde la mayoría correspondía a la colocación de amarras con un total de 35,07% del tiempo total observado (cuadro 76), al ser esta la tarea más lenta de llevar a cabo por la gran cantidad de estas que se deben colocar a lo largo de toda la viga, en todas las intersecciones entre aros y acero horizontal, y en menor cantidad se observó el transporte de helados que se dio una única vez, los tiempos ociosos fueron bajos ya que es un proceso no tan agotador y en el que siempre se puede estar realizando alguna labor. Igualmente se presentó durante el muestreo 2 donde se tuvo un porcentaje del tiempo de colocación de amarras de 37,30% del total y un 0,40% de tiempo ocioso, siendo el más bajo esta ocasión, para este muestreo se tuvieron 496 observaciones (cuadro 78). Estos cuadros muestran, también, que las tareas productivas realizadas en ambos muestreos fueron las mismas y que no hubo ausencias de los trabajadores.

En las figuras 121 y 124 se muestran los niveles de productividad de cada muestreo, en el primero se alcanzó un 54,93% de trabajo productivo, liderado principalmente por el operario (figura 122) que logro una productividad del 66,67%, para el muestreo 2 se aumentaron estos niveles teniendo un 61,90% en la productividad general y un 77,02% del operario (figura 125).

Las figuras 123 y 126 corresponden al grafico crew balance de cada proceso, en ambos se muestra como el operario desempeñó principalmente las tareas de colocación de acero horizontal, de aros, de amarras y de helados mientras el ayudante se dedicó a distintas labores pero en mayor cantidad a colocación de amarras, transporte de varillas y de aros.

Para el ayudante significó un proceso más agotador ya que era quien debía transportarse de un lado a otro en busca de materiales, se presentaron porcentajes de productividad altos, gracias a que fue un proceso en el que influyo muy poca gente y el mayor porcentaje de tiempo está dedicado a tareas productivas que no parecían ser tan agotadoras.

Para este proceso se obtuvieron dos datos de rendimientos, durante los dos muestreos realizados, para el primero se obtuvo 0,033 HH/kg y para el segundo 0,042 HH/kg, valores muy cercanos que presentaron una desviación estándar de 0,006 siendo un valor muy bajo que genero un coeficiente de variación alto, en comparación con los datos obtenidos, de 0,17, lo cual pudo haber sido ocasionado por tener valores muy cercanos a cero y muy pocos, situación que genera una pérdida en el valor de los datos. Al aplicar el factor de incremento obtenido de 0,099 al valor promedio de estos datos se obtiene un rendimiento de 0,041 HH/kg para la colocación de acero, todo esto mostrado en el cuadro 79, ya en el cuadro 80 es posible observar estos rendimientos de acuerdo al tipo de trabajador, teniendo 0,020 horas operario por kilogramo y 0,020 horas ayudante por kilogramo, ambos iguales debido a que intervienen la misma cantidad de trabajadores según su categoría.

En la figura 127, se nota que la relación entre el rendimiento y el tiempo productivo es creciente e inversa con los tiempos contributivos e improductivos, a mayor productividad mayor rendimiento en estos muestreos, sin embargo según se ha visto en procesos anteriores no siempre ocurre de esta manera y no sería la excepción para este, por lo tanto se hace recomendable la obtención de más muestreos. Con esta relación se tiene que cuanto más productivo es el trabajo para este proceso, más horas hombre se necesitan para llevar a cabo una unidad de trabajo, lo cual se pudo generar por haber considerado como productiva la tarea de colocación de helados, y que al estar el rendimiento representado en kilogramos de acero, la colocación de estos elementos no tiene influencia sobre la obtención del avance de trabajo en kilogramos.

En la figura además se nota que el mayor rendimiento se obtuvo en horas de la tarde, sin embargo lo que influyó más fue que la viga analizada en el muestreo dos era más pequeña lo cual generaba menor complejidad y mayor rapidez de construcción, debido a que se utilizaba acero más liviano y aros con longitudes menores que facilitaban su manipulación.

Encofrado

Para el proceso de encofrado se muestra el diagrama de flujo, con sus tareas respectivas, en la figura 128, en él se nota que antes de colocar los paneles era necesario aplicarles un desmoldante, se unían a otros mediante llaves y se debían colocar ties de panel a panel. Cuando el panel no cubriera toda el área deseada y no se contará con otros de menores dimensiones se utilizaban piezas de madera que debían ir bien amarradas para evitar que se abrieran.

Para este proceso solamente se pudo realizar un muestreo de trabajo con 477 observaciones (cuadro 81), donde la mayoría correspondió a la colocación de ties y a los transportes de los trabajadores en busca de materiales, ya que al estar a la altura de la viga el proceso de transporte era largo debido a que debían bajarse del andamio ir hasta donde necesitaban buscar alguna herramienta o material y volver a subir al andamio En el cuadro 82 se muestra como gran parte de las tareas son productivas lo cual permitió obtener un porcentaje de productividad del 44,23% que junto con el 14,26 % de trabajo contributivo (figura 129), alcanzan un total de 58,49% del tiempo total, encontrándose muy cercano al de 60% productivo - 40% improductivo, ya establecido como normal para la construcción. La cuadrilla al estar compuesta por un operario y dos ayudantes generó que uno de ellos trabajara menos teniendo un porcentaje de productividad del 25,16% (figura 130), el nivel de productividad general del proceso se podría aumentar quitando a este ayudante y poniéndolo a realizar otros procesos y que el otro ayudante y operario realicen sus labores y se disminuyan así los tiempos de esperas y ausencias que según se muestran el Crew balance de la figura 131, alcanzaron porcentajes muy altos por parte de todos los trabajadores involucrados.

A pesar de que solo se realizó un muestreo, si se pudo obtener un dato más del rendimiento durante otro día diferente y a una hora distinta, generando un rendimiento final de 0,624 HH/m², a partir de una desviación estándar de 0,027 y un coeficiente de variación de 0,048 que representan una desviación muy pequeña de los datos entre si y del promedio respecto a esta desviación y a la cantidad de datos recolectados, según se muestra en el cuadro 83, en el cuadro

84 se tiene el resumen de este rendimiento expresado para operario y ayudante. Sería recomendable generar más datos de rendimientos y de tiempos productivos para poder observar el comportamiento que estos presentan, generando una mayor validez estadística de ambos y estableciendo relaciones más acertadas entre ellos.

Preparación de concreto

La preparación de concreto siguió un proceso muy sencillo y repetitivo, se dio la dosificación de los materiales de acuerdo al diseño de mezcla y la única variante que se presentaba era la consistencia de la mezcla debido al tiempo de mezclado (figura 132), este proceso podía ver afectada su productividad por los tiempos en los que el manitou se presentaba a descargar el concreto de la batidora para transportarlo hasta el edificio, algunas veces duraba más que otras mientras lo descargaba en cajones de donde posteriormente era transportado por los trabajadores hasta las vigas a colar.

Se realizaron dos muestreos durante dos días distintos según se muestra en los cuadros 85 y 87, para el primero se tuvieron 572 observaciones y para el segundo 472. Durante los dos muestreos, se presentó en mayor cantidad el tiempo de espera teniendo para el primero un 52,27% y para el segundo un 53,82% del total del tiempo medido (cuadros 86 y 88), esto se debió a que mientras el concreto se mezclaba todos los trabajadores esperaban para poder realizar sus labores como se muestran en los gráficos crew balance de las figuras 135 y 138, el operario 1 quien operaba el backhoe debía esperar para poder dosificar la arena o la piedra, el operario 2 encargado de operar la batidora duraba largos tramos de tiempo esperando poder dosificar agua, aditivo o simplemente realizar acciones sobre la batidora, mientras los ayudantes 1 y 2, que solamente se encargaban de transportar y dosificar el cemento debían esperar por mucho rato a que llegara su turno. Por tanto estos tiempos de espera se encontraron relacionados más que todo a la batida del cemento, ya que mientras la batidora operaba los trabajadores, que eran bastantes para este proceso, no podían llevar a cabo ningún tipo de labor productiva.

Estos largos tiempo de espera generaron graves repercusiones sobre la productividad de este proceso, teniendo para el muestreo 1 un 23,95% (figura 133) y para el muestreo 2, 22,88% del trabajo productivo (figura 136), lo cual se complementa con las figuras 134 y 137 en donde la mayoría de los trabajadores alcanzaron los mayores porcentajes de tiempos en trabajos improductivos.

Para cambiar esta situación sería recomendable quitar a un ayudante y que realicen las labores entre los dos operarios, que si son indispensable para el manejo del equipo, y un ayudante más que se encargue de dosificar el cemento, de esta manera el ayudante llevaría a cabo las funciones que llevaban antes entre dos, disminuyendo los tiempos de espera, y que cuando así lo requiera reciba ayuda de los operarios o viceversa.

El rendimiento final obtenido fue de 0,847 HH/m³, con una desviación en los datos de 0,105 que se interpreta como relativamente pequeña, el coeficiente de variación de 0,137 el cual pudo estar influenciado por la poca cantidad de datos que se obtuvieron (cuadro 89), este rendimiento se parte a la mitad para ayudante y operarios ya que participaron en igual proporción, según el resumen en horas operario y horas ayudante por unidad de trabajo que se presenta en el cuadro 90.

En la figura 139 se muestra como la productividad se mantuvo casi constante durante los dos muestreos y que presentó una relación decreciente con el rendimiento, teniendo así una menor cantidad de horas necesarias para llevar a cabo una unidad de trabajo a partir de una menor productividad. Se muestra también que la productividad mayor se alcanzó en horas de la tarde, gracias a que hubo un traslado más ágil del manitou para transportar el concreto, ya que para no se interrumpía su uso por necesitarse en otras labores de los edificios ISLHA y TIC's, como sí ocurrió en la mañana.

Colado de la viga

Para este proceso, debido a las limitaciones presentadas, no fue posible obtener muestreos de trabajo, sin embargo a partir de observación se determinaron las tareas que lo componían y se obtuvieron dos datos de rendimientos.

En la figura 140 se presenta el diagrama de flujo para el proceso, en él se nota como se da en varios tramos el transporte del concreto hasta llegar a la viga, según se explicó al inicio de esta actividad, esto pudo significar el obtener porcentajes de productividad bajos y altos para trabajo contributivo, y que se ve reflejado en los rendimientos expresados en el cuadro 91, el primero fue de 5,002 HH/m³ y el segundo de 5,537 HH/m³, presentando una variación uno del otro que se refleja en que el coeficiente de variación obtenido de 0,072 que es relativamente bajo en comparación a los demás procesos. A partir de estos datos se logró un rendimiento final de 5,793 HH/m³, el cual es muy alto por la gran cantidad de tiempo dedicado al transporte del concreto para hacerlo llegar hasta el edificio y luego hasta la altura de la viga. En el cuadro 92 se expresa este rendimiento en horas operario y horas ayudante por unidad de trabajo, necesario para la elaboración de la base de datos.

Factores que afectan la productividad

Con el fin de identificar los factores que afectan la productividad de los procesos estudiados se realizaron encuestas a los trabajadores, con preguntas relacionadas a posibles factores que afecten su desempeño en durante las labores. Debido a que la empresa constructora no permitió realizar más encuestas, alegando que se interrumpían las funciones de los trabajadores, no se obtuvo una muestra representativa de la población total que permitiera establecer datos con suficiente validez estadística, y por tanto se analizan las repuestas de los pocos trabajadores a los que se pudo encuestar.

Las preguntas fueron diseñadas en conjunto con la profesora guía, tratando de abarcar gran cantidad de los factores que afectan la productividad en la construcción, según los autores Botero y Álvarez (2004) y Serpell (1986), mencionados en el marco teórico de este trabajo.

En la figura 141, se muestra cómo piensan los trabajadores que están recibiendo las instrucciones necesarias y los materiales para llevar a cabo sus tareas además si se les asigna lo verdaderamente necesario. El 100% de los encuestados afirmo que siempre contaban con

las instrucciones y los recursos adecuados sin embargo sólo el 81,82% afirmo recibir los materiales a tiempo, lo cual justificaban en que se debían acarrear los materiales desde zonas alejadas lo cual generaba atrasos en sus labores.

En la figura 142 se muestran los rangos de experiencia de los trabajadores, en labores relacionadas a la construcción, solo el 9,09% encuestado presenta una experiencia mayor a 31 años y el 54,55% se encuentra en menos de 10 años de estar laborando en la construcción, esto es algo que afecta los procesos, ya que al tener tantos trabajadores con tan poca experiencia se traduce a mayores tiempos empleados en las labores, trabajos que deben volver a repetirse como en el caso de las paredes de bloques de concreto que fue necesario recolocar el acero horizontal, además se puede presentar mayor cansancio generando tiempos de ocio, al no ser trabajadores tan acostumbrados al trabajo pesado.

Para Botero y Álvarez (2004) la composición inadecuada de las cuadrillas puede incidir sobre la productividad de los trabajadores, sin embargo en la figura 143 se ve como solo para el 9,09% de trabajadores encuestados, este factor puede afectar la realización de sus labores ya que consideran el tamaño de su cuadrilla como regular y no del todo apropiada, a pesar de esto ninguno la considero como deficiente.

A partir de los muestreos de trabajo realizados se fueron identificando, de forma subjetiva, algunos factores que afectaban en mayor medida las tareas realizadas, y se les pregunto a los trabajadores cuales de estos los afectaban a ellos, teniendo como resultado la figura 144, en donde se nota que el clima afecta en mayor cantidad mientras que las distancias de acarreo y la falta de herramientas en menor grado. Aquí se presenta una situación un tanto contradictoria ya que durante varios procesos las distancias de acarreo generaban largos tiempos de espera. Dentro de esta pregunta se tomó en cuenta la opinión del ingeniero residente y del maestro de obras general, para este último todos los factores afectan en cierto grado, unos más que otros, las labores de los trabajadores en la construcción.

Se les pregunto cómo consideraban su lugar de trabajo de acuerdo a tres características que determinan altos o bajos niveles de productividad que corresponden a los presentados en la figura 145, en esta pregunta se

tenía selección múltiple y al igual que la figura 144 cada factor se presenta sobre el 100% de encuestados el 81,82% de encuestados lo considera limpio, 72,73% ordenado y sólo el 63,64% lo considero espacioso, alegando que esto se da en todas las construcciones y que los trabajadores deben adaptarse a dichas condiciones.

El 100% de los trabajadores encuestados considera que el trato que reciben de sus compañeros es bueno, o al menos el apropiado a la situación en que se encuentran (figura 146) y que esto no debe afectar su rendimiento porque según ellos no están ahí para hacer amistades si no para trabajar.

En la figura 147 se nota que para el 63,64% de ellos las condiciones de seguridad son buenas, sin embargo para el otro 36,36% se deben mejorar para evitar múltiples accidentes que se fueron dando durante esos días y que según ellos no son culpa de los trabajadores si no de la poca capacitación que se les da sobre este tema y que se le presta atención a estas condiciones principalmente solo cuando saben que se realizará inspección por parte del consultor, en este caso el TEC. Solamente el 72,73% se siente cómodo realizando su trabajo con el equipo de seguridad, generando incomodidad al otro 27,27%, lo cual causa disminución de la productividad, esto según la figura 148.

En el cuadro 93 se muestran otros factores que se identificaron por observación y por comentarios de encargados y trabajadores, que según ellos afectan la productividad en esta construcción. Es interesante ver como la escases del personal y la mano de obra poco calificada influyen en este aspecto, esto se puede dar por la lejanía en la que se encuentra este proyecto con respecto al centro de la ciudad, la cual no es mucha pero muy poca gente llega hasta ahí o les da pereza desplazarse todos los días hasta este lugar. Otro aspecto que se mencionó en la encuesta al ingeniero y el maestro de obras encargado es el diseño de sitio y que según ellos no es el adecuado, lo que genera muchos transportes de los trabajadores en busca de materiales ir al baño o a comer, debido a la lejanía de la bodega, los baños y los comedores.

Con la realización del diagrama de Ishikawa, presentado en la figura 149, se identificaron las causas más comunes que generan disminución de la productividad y del

avance de la obra. La zona en que se ubica el proyecto determina el clima, la condición del terreno y la posibilidad de encontrar personal competente para realizar trabajos de construcción. Los materiales y equipos generan atrasos cuando no se tiene lo que se necesita, se encuentran dañados o son de mala calidad, el equipo era utilizado para trabajos del proyecto ISLHA pero también para el proyecto TIC's que se encontraba bajo la misma licitación, lo cual ocasionaba que al estar ocupándose en labores de TIC's no se pudiera utilizar en ISLHA, ocasionado atrasos en este último.

Un diseño de sitio mal planteado genera largas distancias de traslado de personal y acarreo de material. Finalmente la mano de obra es un factor determinante para lograr productividades deseadas, además que según señalaron Botero y Álvarez (2004) este es el recurso que marca el avance de la obra. En este proyecto se ha generado rotación de personal que trae consigo, algunas veces, mano de obra poco calificada que desarrolla rápidamente cansancio físico desencadenado en tiempos de ocio, además de que muchas veces no se sienten cómodos o no saben cómo utilizar el equipo de seguridad que les brinda la empresa constructora, al no recibir una capacitación adecuada.

Base de datos para rendimientos

La elaboración de la base de datos se llevó a cabo con ayuda de la herramienta Access de Microsoft Office 2013, la cual permitió a partir del uso de tablas que se encuentran interrelacionadas lograr que esta facilitara al usuario realizar las funciones que se propusieron en la metodología y que se explican a continuación.

En la figura 150 se presenta el menú principal al cual se tiene acceso al momento de ingresar a la base. En él se puede elegir si se desea acceder a realizar ingresos nuevos o consultas sobre proyectos, actividades o procesos ya existentes dentro de ella, o si se quiere estimar el costo de mano de obra. También se presente un botón con el cual se puede abandonar de forma segura la base.

Al seleccionar proyecto, se abre una pantalla como la presentada en la figura 151, en donde es posible realizar el ingreso de un proyecto nuevo o una consulta de los que ya se encuentran dentro. Al querer ingresar un nuevo proyecto será necesario contar con la información solicitada en la figura 152, correspondiente al nombre del proyecto, el número de licitación, la empresa encargada de su construcción y los demás datos allí solicitados que permitirían clasificar el proyecto y distinguirlo de los demás.

De igual manera sucede al seleccionar actividades, en el menú principal, esta permite ingresar nuevas actividades o consultar las ya existentes, según se muestra en la figura 153, al querer ingresar una actividad nueva esta le solicitará el nombre y el proyecto para el cual se desea ingresar, tal y como se muestra en la figura 154.

Una vez ingresada la actividad se puede desglosar en procesos, accediendo a la pestaña de procesos la cual tira una nueva pantalla, como la mostrada en la figura 155, en donde se pueden ingresar nuevos o realizar consultas. Para el ingreso de estos datos es necesario definir su nombre y seleccionar la actividad y el proyecto al cual pertenecen pero además es muy importante contar con los datos de rendimientos, expresados en horas operario, horas ayudante y horas peón, según correspondan los trabajadores que conformaban las cuadrillas analizadas para la obtención de estos datos, como se muestra en la figura 156, ya que de esto dependerá el calculado que genera la base para el costo de la mano de obra.

Para la consulta del costo de la mano de obra, se hace necesario contar con los rendimientos de los procesos a consultar, y definir las características del proyecto en el cual se desarrollan para realizar el cálculo bajo condiciones similares en las que se vaya a desenvolver el nuevo proyecto. Es necesario además definir la cantidad de trabajo para el cual se desea obtener este costo así como el salario por hora que percibirá cada tipo de trabajador, ya con estos datos la base genera el costo de acuerdo a la categoría de trabajo y del total de la mano de obra para ese proceso en específico, tal y como se muestra en la figura 157.

Es una herramienta muy útil en la presupuestación de un proyecto, ya que permite obtener el costo de la mano de obra, a partir de rendimientos generados en proyectos con

características similares al que se desea construir, características como área de construcción, cantidad de niveles, costo o sistema constructivo.

Como se ha mencionado, la herramienta se desarrolló con aporte de tres personas, Alejandra Padilla Bonilla, Douglas Camacho Piedra y Kristell Sánchez Pereira siendo esta última quien desarrollo en su mayoría la herramienta computacional bajo ideas y bases establecidas por las otras dos personas, quienes además desarrollaron un manual de usuario para que su uso sea efectivo y no se generen complicaciones al iniciar a usarla. Este manual se puede consultar en el Apéndice I.

En el Apéndice H, se encuentran los datos generados en este informe ya dentro de la base de datos. En él se puede observar la forma en que fueron ingresados estos datos y además se desarrolló un ejemplo de cálculo para el costo de la mano de obra en la actividad de entrepiso. A pesar de que la base de datos se encuentra alimentada por rendimientos obtenidos en procesos desarrollados en tres distintos proyectos del Tecnológico de Costa Rica y por tres personas distintas, no se cuenta datos de todas las actividades constructivas y algunos no representan una suficiente validez estadística. Por tanto la base de datos está diseñada de manera tal que se pueda actualizar a partir de más mediciones realizadas sobre proyectos que desarrolle esta institución, generando cada vez más datos de rendimientos con mayor validez estadística, que asegure una estimación más acertada en el costo de la mano de obra.

Listas de verificación de calidad

En la figura 158 se muestra una parte de la estructura de la lista de verificación desarrollada para la actividad de entrepiso. En ella se puede observar la estructuración que se le dio a cada una de las listas generadas para las distintas actividades. Estas listas están basadas en preguntas que se debe realizar el inspector al momento de revisar los elementos y que le permitan asegurar que se están realizando de acuerdo a detalles establecidos en planos o en especificaciones técnicas.

En esta lista se puede especificar el proyecto en el cual se desarrolla la inspección, así como la actividad sobre la que se realiza a partir de la cual varían los aspectos a revisar. Además se debe especificar la lámina en planos en que se encuentra el detalle, la ubicación respecto al nivel y los ejes entre los cuales se revisa el elemento.

Cuando el inspector llegue al sitio a realizar la inspección y se realice las preguntas que allí se detallan, podrá especificar si se encuentra de acuerdo o no con lo visto en campo en relación con las especificaciones, o si en el elemento en particular que reviso no aplicaba dicho criterio, tal como la colocación de ganchos que no se da en todos los tipos de vigas.

Tienen un espacio en donde se puedan hacer observaciones sobre lo inspeccionado, manifestar disconformidades o especificar algún cambio que se haya realizado sobre algún aspecto en específico.

En caso de que se manifieste no conformidad con lo observado, la inspección solicita una corrección sobre dicho aspecto, por esta razón las listas presentan una columna en donde se puede especificar si se realiza una reinspección, en qué fecha se realiza y si cuando se hace si logra conformidad con los cambios implementados por la empresa constructora, esto para garantizar que el elemento se terminó construyendo de acuerdo a los detalles establecidos y se asegure la calidad del mismo.

Estas listas fueron desarrolladas para cada una de las actividades analizadas en este informe, correspondientes a entepiso, paredes de bloques de arcilla, paredes de bloques de concreto y viga corona de concreto reforzado. La formulación de las interrogantes se realizó con base a un estudio de los requerimientos para cada uno de los procesos de estas actividades, establecidos en planos y especificaciones técnicas del proyecto, y fue de gran ayuda la experiencia generada en las labores de inspección desarrolladas en este edificio para la Oficina de Ingeniería del TEC, a partir de la cual se tuvo mayor criterio para establecer que es lo realmente necesario e importante observar durante la inspección de los elementos. El detalle de las listas de verificación para cada una de estas actividades se encuentra en el Apéndice J.

Conclusiones

- Los costos mayores de actividades en el proyecto ISLHA, se encontraban concentrados en actividades que no pertenecían a la obra gris, tales como sistema eléctrico, pisos y enchapes, sistema de extracción, cubierta, sistema de telecomunicaciones-datos, ventanería, y sistemas mecánicos, por esta razón se seleccionaron, finalmente, entepiso, paredes de bloques de arcilla, paredes de bloques de concreto y viga corona de concreto reforzado, que pertenecen a la obra gris y aún no se encontraban totalmente finalizadas.
- La aplicación de diagramas de flujo en actividades de construcción, permite visualizar el flujo lógico que deben tener las tareas y la secuencia de estas actividades, por lo que se considera una herramienta muy valiosa en la representación de los procesos de la construcción.
- Los datos de productividad y rendimientos obtenidos le permitirán a la Oficina de Ingeniería del Tecnológico de Costa Rica, contar con una base de datos importante que podría utilizar para el cálculo de los costos asociados a las órdenes de cambio de los proyectos que se licitan en el TEC, lo que le permitirá establecer presupuestos más aproximadas a la realidad, además de darse una idea de la forma en que se está manejando la mano de obra en los proyectos que construyen bajo licitación.
- Mediante el muestreo de trabajo fue posible identificar las causas más comunes de baja productividad, entre las que están la mano de obra y el diseño de sitio, permitiendo así un análisis de estas causas y la formulación de posibles acciones correctivas, por parte de la empresa constructora, para el mejoramiento de los procesos.
- Las mayores porcentajes de tiempos productivos se presentaron durante horas de la mañana, aunque no ocurrió así en todos los procesos, se puede decir que los trabajadores presentan mayor productividad antes del periodo del almuerzo.
- La mayoría de niveles de productividad obtenidos de cada muestreo desarrollado para los diferentes procesos, se encontró dentro de los rangos normales para la construcción correspondiente a 40-60, sin embargo algunos otros como colocación de viguetas y bloques de entepiso, colado de losa y preparación de concreto para viga corona, se deben reorganizar para disminuir los tiempos improductivos, lo cual se puede lograr a partir de una mejor distribución de cuadrillas y un diseño de sitio más óptimo.
- Las causas más comunes de baja productividad, para este proyecto en específico, están relacionadas con el diseño de sitio, ya que se generan muchos tiempos de traslado por parte de los trabajadores en busca de materiales y herramientas y largos tiempos de transporte de materiales que generan extensas esperas por parte de los trabajadores para poder realizar sus labores.
- Se puede concluir, a partir de los resultados, que otro aspecto determinante de la productividad, es la experiencia y calidad de la mano de obra, ya que cuando no se cuenta con personal calificado se presentan tiempos de ocio, ausencias por idas al baño o simplemente en dar vueltas sin sentido alrededor del proyecto, causado también por la largas jornadas de trabajo y tiempos cortos para el descanso y alimentación.

- Los rendimientos obtenidos fueron los siguientes:
Colocación de viguetas de entrepiso = 0,372 HH/m².
Colocación de bloques de entrepiso = 0,299 HH/m².
Colocación de acero de refuerzo para entrepiso = 0,035 HH/m².
Colado de la losa de entrepiso = 0,879 HH/m³.
Construcción de paredes de bloques de arcilla = 3,980 HH/m².
Construcción de paredes de bloques de concreto = 2,313 HH/m².
Armado del acero para viga corona = 0,089 HH/kg.
Colocación de acero de viga corona = 0,041 HH/kg.
Encofrado de viga corona = 0,624 HH/m².
Preparación de concreto para viga corona = 0,847 HH/m³.
Colado de viga corona = 5,793 HH/m³.
- La construcción de paredes de bloques de arcilla presenta un rendimiento de 3,980 HH/m², el cual es más alto en comparación con las de bloques de concreto de 2,313 HH/m², ya que las primeras necesitan un acabado con detallado de sisas y lavado de pared para eliminar residuos de concreto y mortero, mientras que las segundas no.
- El colado de la losa presentó un rendimiento muy alto, debido principalmente, al transporte del concreto desde el lugar de preparación hasta la viga.
- La obtención de los rendimientos varía en procesos de un proyecto a otro, ya que tienen factores asociados que los pueden afectar en mayor o menor grado, tal como el diseño de sitio que puede generar aumentos en los tiempo de traslados de trabajadores y materiales, esto implica un mayor uso de horas para llevar a cabo una determinada cantidad de trabajo.
- Muchas veces las labores de la construcción son llevadas a cabo de una manera eficiente, logrando así una mejor utilización del recurso humano y disminuyendo los tiempos improductivos, pero no siempre de una manera eficaz aumentando así los

tiempos necesarios para realizar una determinada labor entre un muestreo de trabajo y otro. Teniendo así eficiencia pero no eficacia en los procesos constructivos, tal como se observa en los gráficos que relacionan la productividad con el rendimiento para cada uno de los procesos.

- La base de datos que se generará a partir de este proyecto permitirá a la Oficina de Ingeniería realizar, de una manera más efectiva y eficaz, la obtención de presupuestos, necesarios para la aprobación de las órdenes de cambio.
- La generación de listas de verificación de las actividades observadas, para el control de la calidad durante los procesos constructivos, permite garantizar que el o los elementos inspeccionados cumplan con las condiciones de diseño requeridas. La estandarización de aspectos, para la revisión de elementos constructivos, a partir de listas de verificación permite generar un proceso más ágil y acertado de las labores de inspección, generando a su vez un control de calidad adecuado de los elementos constructivos en el lugar de la obra en construcción.

Recomendaciones

- Realizar consultas a encargados expertos de las obras de construcción, que con su experiencia permitan definir las actividades que presentan más problemas en cuanto a calidad, productividad y rendimientos que alteran el avance de la obra.
 - Ejecutar más cantidad de muestreos de trabajo que permitan establecer más datos de productividad, generando así una validez estadística mayor de los resultados obtenidos y establecer con asertividad la tendencia del comportamiento de dichos datos ante determinadas situaciones como el clima, horas del día en que se realiza o la conformación de las cuadrillas.
 - Generar una mayor cantidad de rendimientos para un mismo proceso, de manera que generen una validez estadística aceptable, y permitan la eliminación de datos extremos, disminuyendo así la desviación estándar y el coeficiente de variación de los mismos.
 - Realizar actualizaciones a los datos obtenidos de rendimientos de mano de obra con el fin de obtener presupuestos y programaciones más cercanas a la realidad.
 - Discriminar actividades esporádicas en la obtención de rendimientos, que sólo aportan tiempo invertido pero no un gran avance del proceso, al realizarse de manera no muy repetitiva.
 - Al hacer uso de las listas de verificación de la calidad es aconsejable haber leído, y entendido con anterioridad, las especificaciones técnicas del proyecto, detalladas en el cartel de licitación y los planos pertenecientes a dicho proyecto
- donde se encuentren detalles relacionados a la actividad en revisión.
- Cuando se desee realizar cambios sobre las listas de verificación de calidad es importante que se hagan fundamentándose en especificaciones técnicas, del proyecto o detalles de planos.

Apéndices

Apéndice A: Muestreos de trabajo realizados para cada uno de los procesos estudiados.

Apéndice B: Niveles de productividad generales para cada muestreo realizado.

Apéndice C: Niveles de productividad según el tipo de trabajador para cada muestreo realizado.

Apéndice D: Porcentaje de tiempo dedicado por cada trabajador a cada una de las tareas, datos para crew balance.

Apéndice E: Factor de incremento para los rendimientos.

Apéndice F: Resultados de rendimientos en horas operario y horas ayudante.

Apéndice G: Encuestas aplicadas a los trabajadores y encargados de la construcción.

Apéndice H: Datos de rendimientos de procesos estudiados, insertos en la base de datos.

Apéndice I: Manual de usuario para base de datos de rendimientos.

Apéndice J: Listas de verificación de calidad en procesos constructivos.

Referencias

- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad*. México: Pearson Prentice Hall.
- Botero, F. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Universidad EAFIT.
- Botero, F; Álvarez M. (2004). *Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda*. Universidad EAFIT.
- Botero, F; Álvarez, M, 2003. *Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción*. Universidad EAFIT.
- Date, C.J. (2001). *Introducción a los sistemas de bases de datos*. México: Pearson Education Prentice Hall.
- Dozzi, S.P., AbouRizk, S.M. (1993). *Productivity in Construction*. Ottawa, Ontario, Canada: Institute Research Council.
- Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad (Fundebiq) *Diagrama causa-efecto*. Recuperado de www.fundebiq.org
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw Hill.
- Gorgas, J., Cardiel, N. y Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Hasbum, I. (2014). *Sistemas de control de inventarios*. Escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Tecnológico de Costa Rica.
- Leandro, A.G. (2015). *Apuntes del curso Diseño de Procesos Constructivos*. Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan). (2009). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*. San José, Costa Rica: Mideplan.
- Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Oficina Internacional del trabajo (OIT). (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: OIT.
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. (1989). *Productivity improvement in construction*. New York: McGraw-Hill.
- Organización internacional para la estandarización (ISO). (2008). *Sistema de Gestión de calidad-Requisitos*. Ginebra, Suiza.
- Ortiz, G., Paniagua, E., Sandoval, M. (2009). *Costos de construcción*. Cartago, Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica.
- Productos de Concreto. *Entrepisos pretensados*. Ficha técnica. Recuperado de <http://www.productosdeconcretocr.com/>

Ramonet, J. *Análisis y diseño de procesos empresariales. Teoría y práctica del modelado de procesos mediante diagramas de flujo*. Recuperado de www.jramonet.com

Ruiz, D. (2004). *Manual de estadística*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.

Serpell, A. (1986). *Productividad en la construcción*. Revista de Ingeniería en Construcción No.1.