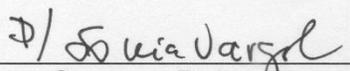


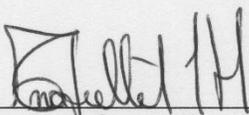
Mejora de la eficiencia y la mano de obra en los procesos constructivos en el Proyecto: Colegio Occidental llevado a cabo por la empresa EDIFICAR S.A.

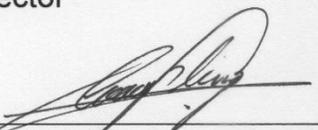


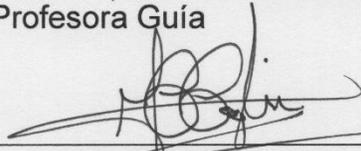
CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.


Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director


Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía


Ing. Mauricio Araya Rodríguez.
Profesor Lector


Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.
Profesor Observador

Abstract

This work shows the development of a methodology of productive improvement applied to three construction processes, this was developed in the project's: Colegio Occidental built by the company Edificar S.A.

The processes were selected from identification of efficiency problems, cost and importance, these were plaster walls, installation of terrazzo and casting of Underlayment.

From observations became a statistical basis showing the distribution of work in each sampling, with the methodology Crew Balance made video records which allowed take 37.200 observations, which graphics to get the production level, as well as diagrams were conducted to determine the impact of the causes of low productivity.

Applied work from Last Planner control and evidenced failure to goals, this was reaffirmed with the calculation of productivity and performance where the activity of plaster walls in the first measurements reached 46% of productive work against 38% of non-contributory, while the terrazzo and cast obtained 50% and 57% of productive work respectively.

The proposals made are directed to the improvement of the control of work, establishing procedures of fulfillment of activities, increasing control and defining improvements in the crews, as well as the verification of finished spaces requiring total finish thus avoiding reworks and subsequent obstructions.

Key words: productivity, Crew Balance, Last Planner System, improvement, tracking.

Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de una metodología de mejoramiento productivo aplicado a tres procesos constructivos en el proyecto: Colegio Occidental, de 6093 m² construido por la empresa Edificar S.A.

Los procesos se seleccionaron a partir de la identificación de problemas de eficiencia, costo e importancia en ellos, los escogidos fueron Repello de paredes, Pega de terrazo y Colado de contra-piso.

A partir de observaciones realizadas en sitio y videos se realizó una base de datos estadísticos que mostrara la distribución de trabajo en cada muestreo, se usó la técnica Crew Balance realizando registros de video que permitieron tomar 37.200 observaciones, de las cuales se realizaron gráficos para obtener el nivel productivo, así como diagramas para determinar el impacto de las causas de baja productividad.

Se aplicó control de obra a partir de Last Planner y se evidenció incumplimiento de metas, esto se reafirmó con el cálculo de productividad y rendimiento donde la actividad de repellos en las primeras mediciones alcanzó 46% de trabajo productivo contra un 38% de no contributivo, mientras el terrazo y colado obtuvieron 50% y 57% de trabajo productivo respectivamente.

Las propuestas realizadas se orientan al mejoramiento del control de obra, estableciendo procedimientos de cumplimiento de actividades, incrementando el control y definiendo mejoras en las cuadrillas, así como la verificación de espacios terminados exigiendo acabado total evitando re-trabajos y obstrucciones posteriores.

Palabras Clave: Productividad, Crew Balance, Last Planner System, Mejora, Seguimiento.

Mejora de la eficiencia y la mano de obra en los procesos constructivos en el Proyecto: Colegio Occidental llevado a cabo por la empresa EDIFICAR S.A.

DAVID GARITA ALVARADO

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

Noviembre del 2018

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

| | |
|----------------------------------|-----|
| PREFACIO | 1 |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 2 |
| INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| MARCO TEÓRICO | 4 |
| METODOLOGÍA..... | 12 |
| RESULTADOS | 17 |
| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | 80 |
| CONCLUSIONES | 92 |
| APÉNDICES..... | 95 |
| REFERENCIAS | 125 |

Prefacio

El incremento de la productividad es un factor ampliamente estudiado en los procesos de manufactura, sin embargo, su aplicación no está del todo extendida en la industria de la construcción, la mejora continua en los procesos constructivos y la optimización de recursos representa una oportunidad para disminuir los plazos de entrega y los costos finales por actividad que tanto repercute en las finanzas de una empresa.

Por tanto, evaluar las condiciones en las que se realizan estas actividades e identificar las causas que inciden directa o indirectamente en la eficacia de un proceso, es parte del desarrollo de un proyecto en un mercado cada vez más competitivo, en el cual el manejo eficiente del tiempo y recursos son las variables que definen la adjudicación de un proyecto.

El estado actual de la construcción implica que las empresas den seguimiento a las actividades que conforman los procesos y gestionar que estas sean integradas, de tal forma que una no retrase la siguiente para obtener el máximo nivel de desempeño productivo, en este aspecto la Empresa Edificar S.A. cuenta con herramientas de seguimiento que muestran avances reales por lapsos previamente definidos.

Estas técnicas basadas en los principios de Lean Construction y las técnicas desarrolladas en este documento se pretende identificar errores, reducirlos y con esto incrementar el nivel productivo de actividades seleccionadas en conjunto con el departamento de ingeniería del proyecto, las mismas que representan parte importante del presupuesto y deben ejecutarse de la mejor forma.

Por lo que el objetivo principal de este documento es desarrollar una metodología para el mejoramiento de los procesos constructivos, identificando procesos deficientes, midiendo su nivel productivo, evaluando causas y a partir de esto realizar mejoras que incidan en el incremento directo de la productividad de estos, replicando el método en otros proyectos de Edificar S.A.

Agradecimientos

A mis padres y hermana por el apoyo incondicional

Agradezco al departamento de ingeniería del proyecto Colegio Occidental por la ayuda brindada durante el desarrollo de la práctica profesional, a la Ing. Marcela Watson y el Ing. Randall Acuña, por la oportunidad de crecimiento profesional en campo.

Agradecimiento a la profesora Ing. Ana Grettel Leandro, por su ayuda y guía durante todo el proceso de la práctica profesional.

Resumen ejecutivo

En este documento se muestra la metodología aplicada en el proyecto, con la intención de generar mejoras productivas en los procesos seleccionados en la empresa Edificar S.A. para esto se definió mediante observaciones previas e indicaciones del departamento de ingeniería, cuales actividades podrían seleccionarse para realizar la medición, debido al avance del proyecto las actividades fueron repello de paredes, pega de terrazo y colado de contra-piso, estas según problemas encontrados con la actividad precedente y definición de personal, además del carácter prioritario y costo de la actividad contra la cantidad de tiempos muertos observados, respectivamente.

Para la empresa es importante definir como se invierten los recursos y cuál es el rendimiento real de las actividades, por lo que el trabajo pretende generar una guía que pueda ser aplicada a otros proyectos y procesos, además se busca evidenciar falencias que afectan la eficiencia de una actividad, permitiendo a la compañía replantear el proceso si es necesario.

Luego de definir las actividades se procedió a realizar el levantamiento de datos, se decidió aplicar la técnica de medición, Crew Balance ya que era más precisa al momento de definir la acción que realiza cada empleado esté trabajando o no, esto permite identificar malas prácticas y con esto evitar que sigan dándose durante el tiempo laboral.

Para cada muestreo se tomó 400 observaciones por trabajador, el motivo principal fue establecer una base estadística y generar datos más cercanos a la realidad, a partir de estos datos se realizó el gráfico comparativo de acciones típico del método de observación, además se definió por trabajador cuanto tiempo del total observado era clasificado como Trabajo Productivo (T.P), Trabajo Contributivo (T.C) y Trabajo No Contributivo (T.N.C).

Además, se usó parte de las herramientas de seguimiento con las que cuenta la empresa, el Last Planner System y las reuniones de productividad permitían definir

objetivos de cumplimiento y dar seguimiento de estas a lo largo de las semanas, es a partir de esta herramienta y el nivel productivo observado en la medición de Crew Balance, que se permite evidenciar que un subcontratista no presentaba un buen desempeño, según las primeras 4 mediciones el trabajo productivo de los operarios fue del 49% al hacer un cambio de subcontratista la medición de trabajo productivo de sus operarios aumento considerablemente a un 63% de T.P.

Mediante la aplicación de diagramas de Ishikawa se logró establecer causas directas para la afectación productiva de los procesos, para el caso del repello se estableció que la actividad precedente y la capacidad de los operarios hizo que el nivel productivo y rendimiento general se viera disminuido, en cuanto al terrazo se encontró algunos re-trabajos por no seguir indicaciones, por último en el colado se observó problemas relacionados a la falta de supervisión y el tiempo perdido en esperas, algunos de estos factores fueron reincidentes a lo largo de la medición.

Otros métodos de procesamiento fueron: el cálculo de rendimientos para la totalidad de actividades, la realización de entrevistas que mostraron la percepción general de los trabajadores respecto al nivel productivo del proyecto y la implementación de Parettos en los muestreos que presentaron los mayores porcentajes de trabajo no contributivo estos dieron a conocer las causas de baja productividad de la mayoría de los procesos.

Se puede concluir que el nivel productivo fue afectado por un inadecuado control de actividades, además se evidenciaron problemas en la coordinación de entregas de aposentos, al no contar con planes más específicos, las actividades se tienden a traslapar ya que existían detalles que obligaban al contratista a devolverse a la actividad. A partir de estas condiciones se realizó una serie de propuestas puntuales que pretendían generar valor agregado y mayor control sobre los procesos aplicados al proyecto Colegio Occidental y a otros de la empresa Edificar-S.A

Introducción

El nivel productivo de la industria de la construcción es bajo si se compara con otros sectores que presentan el mismo dinamismo en el mercado, el aumento en la productividad pasa por la mejora en la planificación y el control de las actividades, uno de los mayores desafíos en los desarrollos de construcción es la estandarización de los procesos, la misma que hace de la manufactura una de las industrias más eficientes en cuanto a tiempos de ejecución y entrega.

Evaluar el desempeño de una actividad es el primer paso para mejorar su rendimiento, como se indica en el informe McKinsey&Company sobre la revolución productiva en el sector, para la empresa Edificar S.A conocer cuales elementos no contribuyen a la culminación de un proceso es de suma importancia para su eventual replanteamiento, además conocer la composición de cuadrillas con alto desempeño permite generar patrones de la actividad y lograr niveles productivos deseados.

Este documento sugiere la implementación de algunos cambios sobre el seguimiento de actividades y control de obra, aspectos que pueden mejorarse a partir de una planificación más detallada, además muestra comparación de actividades y variaciones de productividad a partir de observaciones.

Parte esencial de la mejora de un proceso de construcción es evaluar las condiciones de ejecución, por esto se realizaron observaciones para crear una base estadística y descomponer cuanto del tiempo analizado fue dedicado a trabajo productivo, a partir de la aplicación de la metodología Crew Balance se obtuvo un total de 37.200 mediciones de los tres procesos seleccionados, además se desarrolló un control de obra a partir de la técnica Last Planner System, con esto se definió un porcentaje de causas de no cumplimiento y se evidenció el porcentaje de actividades que se cumplían en obra.

Durante la evaluación de las observaciones se identificaron causas repetitivas que determinaron la eficiencia en los procesos seleccionados, esto a partir de diagramas de Ishikawa, además, con el porcentaje de trabajo no contributivo se desarrolló diagramas de Pareto para definir las causas del 80% de los problemas del nivel productivo, se realizó un cálculo de rendimientos y a partir de los resultados de estas técnicas se elaboró una serie de indicaciones, que se enfocaron en la mejora de situaciones puntuales identificadas en campo y del procesamiento de la información recopilada.

Objetivos

Objetivo General

- Diseño de metodología para el mejoramiento de los procesos constructivos en la empresa Edificar.

Objetivos Específicos

- Identificar y escoger para el análisis los procesos establecidos como poco productivos.
- Determinar mediante la aplicación de técnicas de medición el grado productivo y rendimiento en los procesos previamente definidos,
- Identificar y analizar las condiciones causantes de la baja productividad en los procesos seleccionados.
- Realizar una propuesta de mejora basado en los resultados de análisis previo.

Marco Teórico

Productividad

Puede definirse como la relación existente entre la actividad que está ejecutándose por la cantidad de insumos invertidos en ella, en la construcción es de vital importancia evaluar el comportamiento de las tareas en virtud del personal, por lo que se espera que el tiempo dedicado a esta contribuya en mayor porcentaje a completarla no siendo necesario aumentar el recurso humano o material.

Por tanto, cuando se habla de la medida de productividad en un proyecto de construcción, se puede representar como el valor constante de la actividad por la cantidad de insumos consumidos durante su ejecución. ¹Estas características definen si un proceso constructivo es rentable, ya que involucra varios factores como: mano de obra, materiales y proveedores que hacen que la empresa sea competitiva, en un mercado que busca abaratar costos debido a la inconsistencia que puede presentar el sector debido a alza de precios o encarecimiento de créditos.

Trabajo Productivo (TP)

Este incide directamente en el avance de una actividad, el tiempo invertido en este tipo de trabajo se busca incrementar para alcanzar mayores niveles de eficiencia, un ejemplo de este es la colocación del encofrado de un elemento, así como la pega de bloques de mampostería o el de piezas de terrazo, actividades que marcan el avance del proyecto.

¹ Forbes, L & Ahmed, S. (2011). Modern construction Lean Project Delivery and Integrated Practice. EE.UU

Trabajo Contributivo (TC)

Es el tiempo dedicado a efectuar tareas complementarias a la actividad que sirven de apoyo a la principal, pero no aportan al avance como tal, entre ellas se puede mencionar: el transporte de materiales, el armado de plataformas de soporte en andamios o la limpieza de superficies, tareas que sirven para enfocar recursos a la actividad principal que se desarrolla.

Trabajo No Contributivo (TNC)

Se define como toda actividad realizada durante la jornada que no genere un aumento al avance de la tarea o sirva de apoyo a la misma, dentro de esta categoría se encuentran los re-trabajos, los desplazamientos incensarios, espacios de ocio y demás tiempos considerados como pérdidas, debido al aporte nulo del proceso constructivo, según Serpell (2002)², en promedio por actividad el 24% del tiempo el trabajo no aporta al avance lo que se traduce en un desperdicio de la cuarta parte de los recursos invertidos.

Pérdidas

Son los tiempos no contabilizados como productivos, estos pueden ser clasificados por la causa general de inactividad, entre ellos los relacionados con la falta de herramientas o materiales, los generados por el diseño de sitio y los relacionados al desempeño de los obreros.

² Serpell, A. (2002). Administración de Operaciones de Construcción (2da Edición). Universidad Católica de Chile. Santiago

Dentro de las pérdidas por inactividad laboral están los desplazamientos estos van ligados a la cercanía de los insumos materiales, bodegas y zonas de sanitarios, por lo que un buen diseño de sitio contribuye en la reducción de tiempos relacionados a los siguientes ítems:

- Viajes excesivos
- Detenciones
- Espera de material
- Desplazamientos hacia al baño
- Tiempo ocioso

Un adecuado diseño de sitio, minimizara desde el inicio del proyecto las perdidas por mala ubicación desde estructuras temporales hasta zonas de almacenamiento de material, como objetivo primordial la logística de sitio busca asegurar que los flujos de trabajadores y zonas de trabajo y descanso tengan una ubicación favorable para ambas partes, resumiendo lo anterior en una palabra planificación, como lo destaca Martínez, J (2011) “la planificación de las actividades y el control de las mismas permiten reducir la variabilidad en los procesos de construcción”³.

Las pérdidas del tiempo productivo relacionadas a una actividad también varían en función del aporte ya que pueden ser de apoyo o dadas por ineficiencia laboral, un ejemplo de las últimas se presenta a continuación:

- Trabajo Re-hecho: estos se deben a múltiples factores como cambios en el diseño, ajuste de dimensiones o mala ejecución, sin embargo, representan un atraso en la actividad y en el desarrollo de las que dependen de ella.
- Trabajo Lento: ligado al tema de desplazamientos en el sitio de trabajo, en ocasiones se suele caminar en busca de herramientas lo que provoca una extensión de los tiempos de finalización, otro factor es el tamaño de la cuadrilla, al contar con un número mayor al necesario se suele usar parte del tiempo en conversaciones.

³ Martínez, J. (2011). Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Programa de mejora productiva

Los programas de mejora productiva (PMP) están basados en la utilización diversas herramientas que permiten evaluar de primera mano el estado de la obra, a través de retroalimentación y seguimiento de los procesos, luego de ese análisis se plantea una mejora de la forma en que se manejan los suministros y recursos y por último se sugieren cambios en los métodos de construcción enfocados en progresos puntuales.⁴

Herramientas de medición

La forma adecuada de mejorar la productividad de un proceso es dar seguimiento a este para identificar las deficiencias, por tanto, la manera real de percibir si se da un aumento productivo es medir etapa tras etapa, con esto se encuentran patrones de comportamiento que sirven de base para realizar ajustes en la actividad, una tarea que no pueda monitorearse de forma periódica no contara con valores reales del comportamiento.

Parte de estas herramientas se enfocan en la detección de problemas de productividad a partir de: observaciones directas, evaluación de costos por actividad, revisión de ejecución en obra con lo planeado, análisis de rendimientos de trabajo, implementación de círculos de calidad, reducción de desperdicios y encuestas a los trabajadores, esto con la intención de establecer puntos de mejora y evaluar la percepción del ambiente laboral de los empleados y la influencia de esta en los trabajos que realizan.

- Observaciones Directas: con estas se busca generar datos estadísticos que permitan categorizar un espacio de tiempo laborable, definiendo cuanto de ese tiempo es dedicado a trabajo productivo.
- Evaluación de costos: permiten evaluar si los procesos no se llevan con respecto a lo planeado, al comparar los costos

⁴ Martínez, L. (1998). Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción. Revista do Ingeniería de Construcción. Santiago, Chile

proyectados con los reales se podría identificar un aumento en la inversión por actividad que podría ser generada por trabajos rehechos o atrasos provocados por baja productividad.

- Revisiones: estas permiten dar paso a la activación de alarmas de incumplimiento, identificando cuales tareas no se realizan según lo planeado y cuales errores provocan las desviaciones con respecto a lo establecido en forma previa.
- Análisis de rendimientos: muestra el uso real que se le da a los recursos con respecto al avance de la actividad, este por si solo muestra el estado de la productividad asociada al proceso en análisis.
- Círculos de calidad: buscan generar un acercamiento de los involucrados en el desarrollo de los procesos constructivos en estos los colaboradores se reúnen y definen metas se exponen interrogantes y plantean soluciones en conjunto para mejorar la eficiencia de los procesos.
- Reducción de desperdicios: con esto se busca recortar al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción tratar de minimizarlas al máximo, se incrementa la productividad. Alarcón, L. (1999).⁵
- Encuestas: Esta técnica es rápida y simple es usada para identificar de primera mano las posibles causas de desmotivación o factores que desencadenan bajas productivas, con estos resultados es posible plantear soluciones y sondear a los entrevistados cuales serían las más adecuadas, con esto se crea un clima de retribución obrero-empresa bien recibido por los trabajadores.

⁵ Alarcón, L., & Campero M. (1999). Administración de proyectos civiles. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 322 p.

Metodologías de medición

Existe una variedad de métodos para tomar datos y dar seguimiento a las actividades de interés, el muestreo es útil debido a la base estadística generada, a partir de las observaciones permite determinar la distribución del tiempo productivo en obra.

Work Sampling

Esta técnica tiene como objetivo realizar observaciones de una operación por un tiempo limitado, se aplica una actividad que involucra a una cantidad moderada de trabajadores en la cual cada vistazo representa una muestra al final de la recolección, se tiene un conjunto de datos estadísticos que son utilizados para clasificar el tiempo invertido por la cuadrilla en: trabajo productivo, contributivo y no contributivo, es por esto que la técnica da una idea de la distribución del tiempo en obra (Oglesby, Parker, & Howell, (1989)⁶.

Luego de definir la actividad a evaluar se identifican los miembros de la cuadrilla y durante intervalos de medición se les da seguimiento hasta obtener al menos 385 observaciones, este número con la intención de generar una desviación máxima del 5%, al finalizar la medición se hará una sumatoria de el número de observaciones que se categorizan como trabajos productivos o lo que no realizan un aporte real a la culminación de la actividad, con estos se determinan los porcentajes de los tiempos medidos y se define la productividad de los empleados durante la jornada.

Si bien el método es efectivo para dar una idea de la efectividad de un trabajador, este además funciona para identificar las causas en la variabilidad productiva en una misma actividad.⁷

⁶ Oglesby, C., Parker, H., & Howell, G. (1989). Productivity improvement in construction. USA: McGraw-Hill.

⁷ Dozzi, P & AbouRizk. (1993). Productivity in Construction. University of Alberta. Ottawa.

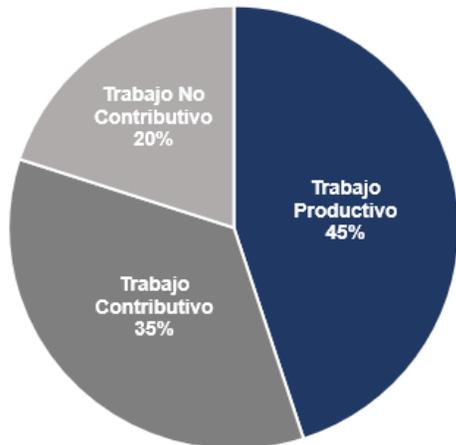


Figura 1. Distribución del trabajo en metodología Work Sampling
Fuente: Nunnally, S. (2011).

Crew Balance

Este método se desarrolla en el concepto hombre maquina usado en la ingeniería industrial, durante el desarrollo de los procesos de manufactura se logra identificar cuales tareas tienden a ser repetitivas y se desarrolla una metodología que se adapta a las condiciones de la industria de la construcción⁸, las herramientas gráficas son intuitivas, fáciles de comprender y efectivas para comunicar el desempeño de la construcción.

La herramienta gráfica se utiliza para describir cuando todos los individuos en un grupo pasan su tiempo realizando tareas durante su trabajo como se muestra en la figura 2.

La productividad de la actividad se representa de forma gráfica, mediante observaciones periódicas de un grupo de trabajadores, en este tiempo se identifica de forma constante el porcentaje que dedica cada trabajador a una serie de actividades, por lo tanto, el gráfico generado contará con barras verticales que representaran a cada uno de ellos y estas se subdividen para mostrar el tiempo dedicado a las acciones que realiza cada empleado durante la medición, sin hacer diferencia si estas son productivas involucradas en el ciclo de tareas, incluso tiempo inactivo, no productivo y tiempo ineficaz.

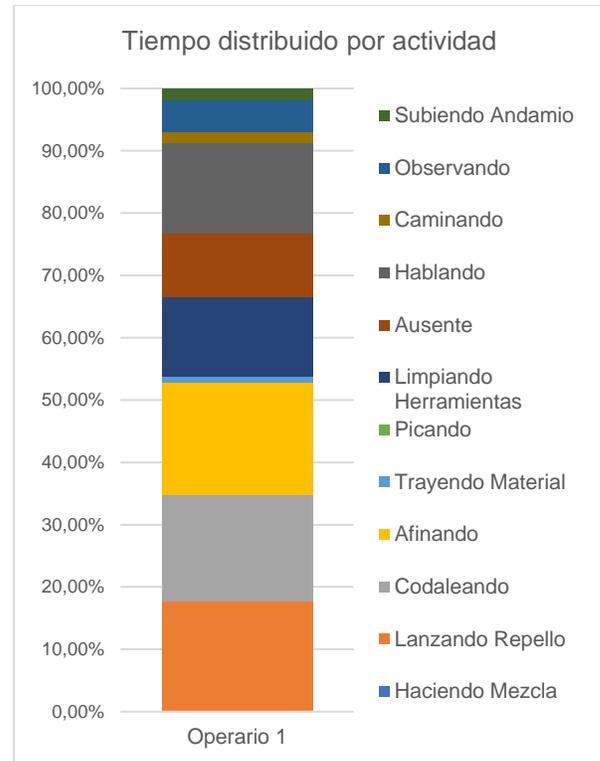


Figura 2. Representación gráfica de Crew Balance

Diagramas de Ishikawa

También conocido como diagrama de causa y efecto fue desarrollado en 1943 para determinar las causas que generan un problema específico, la dorsal del diagrama lleva al problema que se analiza, mientras que las líneas secundarias representan las causas directas, el diseño de este consiste en tres etapas: Definición del problema o efecto sujeto de estudio, concepción del diagrama y su posterior análisis.⁹

Para identificar el problema se plantea una característica específica de incumplimiento por ejemplo, baja productividad en una actividad, para la concepción se realiza una lluvia de ideas con los involucrados en el proyecto cada uno aportara una causa a criterio para luego, definir en equipo cuál de estas es la más probable. Dentro de las ventajas de usar este método están:

⁸ Oglesby, C. Parker, H., & Howell, G. (1989). Productivity improvement in construction. USA: McGraw-Hill.

⁹ Acevedo, P. & Acuña, M. (1991). Aplicación de las herramientas de Ishikawa para el análisis de la productividad en la construcción. Revista Ingeniería de Construcción. Chile N° 10

- El tiempo invertido en la discusión del tema y la atención de los participantes en el problema, provoca un clima de colaboración interno.
- Debido a la participación durante la construcción del diagrama se logra identificar nuevas fallas expuestas por los otros miembros por lo que hay retroalimentación.
- Otro factor es el material técnico que se obtiene, este puede ser usado durante las revisiones de los estándares del proceso que se es ejecuta para hacer y revisar.

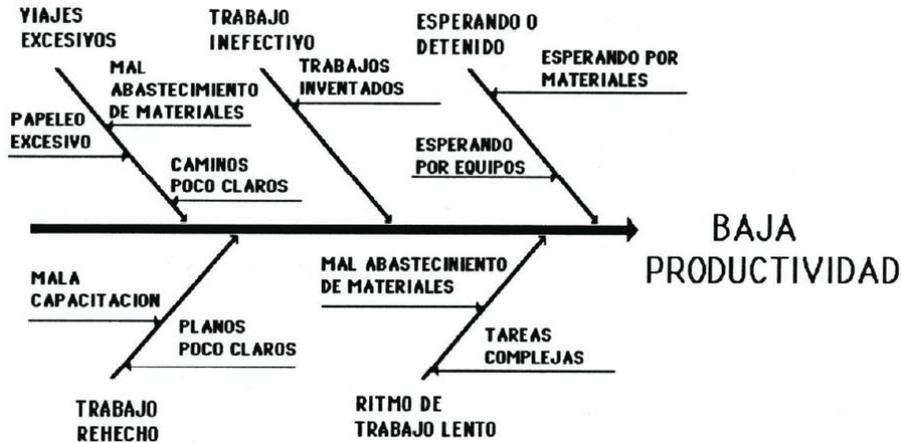


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa
Fuente: Acevedo, P. & Acuña, M. (1991).

Diagrama de Pareto

La función principal del diagrama es definir cuales causas son las que tienen mayor influencia en un proceso de construcción en este caso, siguiendo el principio desarrollado se puede afirmar que un conjunto de acciones puede representar una perdida menor mientras que una acción por si sola pueda influir en pérdidas muy elevadas, esto puede traducirse a que el 20% de las causas puede ocasionar el 80% de los problemas.

El diagrama está compuesto de barras verticales que enumeran las actividades que se están evaluando de manera descendente en dirección derecha, además se representan los porcentajes de la totalidad de las actividades que se evalúan, lo que permite observar de forma gráfica el efecto real de los problemas en una actividad.

Diagrama de Flujo

Estos funcionan para dar una representación gráfica de los procesos, lo que permite construir una imagen de cómo debería llevarse a cabo todas las etapas hasta la culminación de la actividad, según Chang, R. (1999)¹⁰. Una de las ventajas principales es la estandarización de procesos y definición de áreas que puedan ajustarse y recibir mejoras.

Están formados por figuras que simbolizan acciones específicas, entre ellas las actividades de Inicio y Fin como parámetros de entrada y salida, flechas que indican la consecución de las actividades, que se representan por figuras rectangulares y figuras de decisión las cuales definen la acción a seguir.

¹⁰ Chang, R (1999). Las herramientas para la mejora continua de la calidad. Buenos Aires: Granica – TEC Consultores.

Filosofía LEAN

Esta tiene como objetivo reducir los desperdicios o residuos los cuales no aportan realmente a la actividad en ejecución, además plantea la mejora continua de los procesos para potenciar los que generan más valor a la producción, mediante el uso de herramientas, con esto se pretende cambiar la concepción de un proceso de construcción a una transformación de material, un flujo de recursos y generación de valor.¹¹

Según Koskela, L.(2000)¹², existe una variable importante en la industria de la construcción que hace que la aplicación de Lean en Manufactura sea más fácil de implementar, sin embargo, estas no impiden que la filosofía pueda aplicarse y generar mejoras, entre ellas:

- La variabilidad de los proyectos, ya que los prototipos no suelen ser la constante.
- El espacio donde se desarrolla la actividad es variable un ejemplo de esto podría ser la afectación de las condiciones geográficas en el transporte de materiales y con esto la cadena de suministros del proceso de construcción.
- El factor cultural influye ya que al desarrollar proyectos en distintas áreas la capacidad de obtener el recurso personal varía por tanto la capacidad y experiencia de los trabajadores se refleja en el desarrollo de proyectos.

Dentro de los principios de Lean Construction la estandarización de los procesos es vital, al seguir una especificación se genera conocimiento y con esto la posibilidad de mejora continua, otro factor es la planificación durante la etapa de diseño esta junto al control de obra definen el transcurso eficiente del proceso, la planificación como tal define los criterios y permite crear una metodología a seguir, con la intención de cumplir los objetivos del proyecto y el control permite dar seguimiento al cumplimiento de las secuencias de los procesos establecidos en la fase previa.

¹¹Porras, H. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. Avances de Investigación en Ingeniería. Vol 11 N-01

¹² Koskela, L. (2000). An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. Helsinki.

Last Planner System

Es una de las herramientas de la filosofía Lean desarrollada por Glenn Ballard y Gregory Howell, busca definir objetivos alcanzables los cuales son monitoreados durante un espacio temporal, se aplican dos de las condiciones más importantes: la planificación de actividades, la cual deberá ser aceptada por los contratistas o equipo de trabajo y la etapa de seguimiento o control, que se encarga de evaluar el rendimiento y redefinir procesos en caso de no ser alcanzados.

El sistema actual de asignación de actividades puede no cubrir de forma adecuada el desarrollo de la actividad ya que no se señalan condiciones que generen la no operación del sistema¹³, este se muestra la siguiente figura 4.

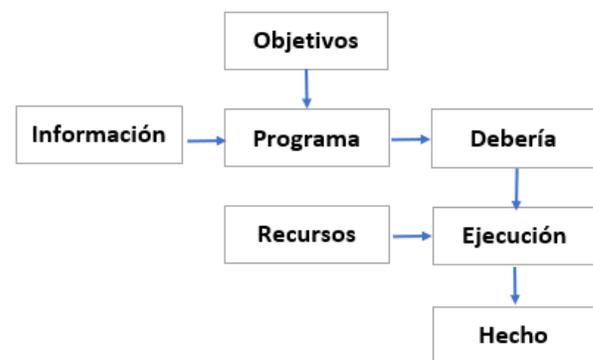


Figura 4. Sistema tradicional de aplicación
Fuente: Koskela, L. (2002).

Con el L.P.S se contemplan aspectos como la capacidad de controlar de manera más efectiva la ejecución de las actividades necesarias para completar el proyecto, con esto se asegura de que lo planeado en la obra realmente será hecho, una de las ventajas observables en el otro diagrama (Figura 5), es el espacio para preguntarse si realmente se cuenta con los recursos para finalizar la actividad programada.

¹³ Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Stanford University, USA.

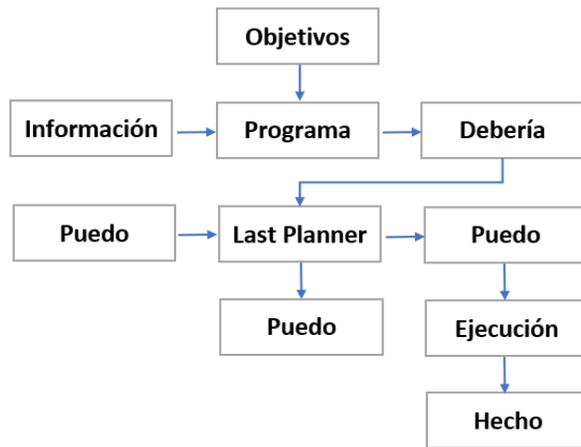


Figura 5. Sistema Last Planner System de aplicación
Fuente: Koskela, L. (2002).

Programa Maestro

La planificación maestra detalla, el inicio del proyecto, así como un desglose general de las actividades con las que cuenta dando a conocer con se conectan las fases, además en este se pueden determinar los insumos requeridos para el desarrollo de las tareas, así como la identificación de áreas de alta incertidumbre y posibilidades de cambio. Esta planificación identifica las actividades, y define duraciones en semanas lo que puede verse de forma gráfica en el diagrama de Gantt.

Planificación semanal

Esta se realiza antes de la ejecución de las actividades, sin embargo, contempla solamente las tareas que cuentan con los recursos para poder concluir la actividad ,además las tareas que se asignan se determinan tomando en los días en los que se desarrollará ,asumiendo una cantidad de personal adecuada, en esta se indica cual será la meta que se evaluará al final de la semana laboral, la intención este es dar seguimiento los procesos durante periodos cortos y evaluar la productividad actual y cuáles ajustes se deberían llevar a cabo.

Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Como se mencionó, en la planificación semanal se plantean metas para cada una de las actividades, sin embargo, estas pueden no llegar a finalizarse, por tanto, al final de cada programación se revisa el porcentaje de actividades completadas (PAC), el cual permite estimar cuanto de lo establecido en la programación se concluyó, este factor relaciona lo que se planeó para la semana contra el avance real ejecutado.

En el PAC una tarea revisada solo se considera como concluida o en proceso según lo especificado en la programación semanal, es decir si una tarea se ha desarrollado pero no está concluida, en el PAC se coloca como si no se hubiera realizado (así falte poco para concluir).¹⁴ Además se define un valor mínimo que sirve para realizar graficas de control que permiten evaluar las curvas de rendimiento con respecto al valor establecido en este caso un valor de 70, como se muestra a continuación.

Reuniones de Planificación

En estas se revisan los avances semanales frente a los subcontratistas, capataces, maestros de obra y departamento de ingeniería, frente a estos se evalúa el rendimiento general en el proyecto, una de las ventajas es que se abren espacios de discusión que permiten solucionar problemas entre subcontratista y empresa con esto se llega a acuerdos de forma directa, además se plantean soluciones ante los incumplimientos, luego de esto se definen los nuevos objetivos para la semana que entra y como se le dará el seguimiento adecuado.

¹⁴ Castillo R.(2014). Inventario de Herramientas del sistema de entrega de proyectos LEAN. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, p 137

Estimación de Rendimientos

El rendimiento se define como el trabajo realizado de una actividad por un grupo de trabajadores en una unidad de tiempo, normalmente expresada como unidades de horas hombre (H/H).¹⁵ Para estimar los rendimientos se siguió el procedimiento descrito en el folleto Costos de Construcción (2005), elaborado por la Ing. Giannina Ortiz y el Ing. Eduardo Paniagua.

Para realizar el cálculo de rendimiento se establece la metodología descrita de recolección de datos, para esto se toman los tiempos en un número establecido de observaciones y con esto estimar el nivel productivo por actividad.

Cálculo de rendimientos

La siguiente ecuación describe el cálculo de rendimiento:

Ecuación 1:

$$R_n = \frac{t_n \times n}{C_n}$$

Dónde:

R_n: Rendimiento en horas-hombre / unidad

t_n: Tiempo de duración de la actividad o sub-actividad

n: Número de obreros que participaron en dicha actividad

C_n: Cantidad de trabajo realizado

Como parte del cálculo se debe delimitar la muestra por lo que se eliminan los datos atípicos que puedan generar variaciones importantes en el análisis.

Proceso Estadístico

A partir de los valores de rendimientos calculados con la ecuación 1, se realiza una medición estadística de la media, desviación estándar y coeficiente de variación respectivamente.

¹⁵ Urías, L. (2005). Rendimientos en la construcción: Edificación. Universidad de Sonora. México.

Ecuación 2:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

Ecuación 3:

$$\sigma = \frac{\sqrt{(R_1 - R)^2 + (R_2 - R)^2 + \dots + (R_n - R)^2}}{n}$$

Ecuación 4:

$$C.V = \frac{\sigma}{R} \times 100$$

Factores de Afectación

Según el folleto de costos de construcción las actividades que no son productivas y son dedicadas a los tiempos de alimento, descanso, desplazamiento a sanitarios y demás deben descontarse para no afectar el dato estadístico del rendimiento, por lo que se aplica la Ecuación 5, para eliminar esta afectación.

Ecuación 5:

$$F.I = \frac{t.c \times 100}{h.d - t.c} \times 100$$

Dónde:

F.I: Factor de incremento

t.c: Tiempo usado en otras actividades

h.d: Horas laboradas por día

Rendimiento Real

Usando el valor de afectación calculado con la ecuación anterior se aplica al valor de la media como se presenta a continuación.

Ecuación 6:

$$R = R(1 + F.I)$$

Metodología

Este apartado muestra los procedimientos llevados a cabo a lo largo de la práctica profesional, selección de actividades, métodos de recolección de datos y seguimiento de obra, por tanto, se hará una descripción de cada uno de ellos a continuación.

El proyecto lleva por nombre “Colegio Occidental”, ubicado en el cantón central de Cartago, entre avenida 1 y avenida 3 con calle 13, esta obra se construye como parte de la modernización de infraestructura educativa bajo la figura de Fideicomiso, amparada por el Banco Interamericano de Desarrollo, el proyecto cuenta con un área de 6093 m² la cual está distribuida en 2 edificios de 3 niveles, sótano, gimnasio, áreas comunes y parqueos.



Figura 6. Perspectiva de Colegio Occidental

La construcción estuvo a cargo de la empresa Edificar S.A. , la fase de ejecución estaba distribuida en tres frentes de trabajo simultaneo, Edificio Este, Edificio Oeste y Sótanos, el proceso constructivo constaba de muros, columnas y vigas de concreto reforzado, colocación de bloques y viguetas prefabricados para entresijos, así como como paredes de mampostería y elementos livianos de cerramiento en los edificios, estructura metálica conformada por vigas y columnas de acero, predominante en rampas de acceso a ambos edificios conectados, así como la estructura deportiva anexa.

La distribución de los edificios era variable en los niveles 0+00 y 0+680, mientras el Edificio Este contaba con espacios dedicados a bodegas, cocina, comedor, artes industriales y manuales, el Edificio Oeste abarcaba laboratorios y salas administrativas, en ambas torres el nivel 0+340 estaba adecuado a seis aulas de 5.85 m x 8.88 m más una batería de baños que se repetía en todos los niveles, ambas torres contaban con accesos al ducto de elevador, escaleras de emergencia y rampas de acceso, el sector de gimnasio contaba con vestidores y accesos al sótano donde fueron ubicadas salas de mantenimiento, cuartos electromecánicos y área de parqueos que dan salida al sector sur del proyecto.

Identificación de variables

Al iniciar la práctica profesional dirigida, la obra gris presentaba un avance considerable en actividades como: pega de bloques, colado de vigas, columnas secundarias, así como el montaje y colado de entresijos, por lo que actividades relacionadas a acabados eran las que podrían estar sujetas a una medición periódica, debido a que estas aun no daban inicio, además como parte de la práctica la empresa solicitó que se le diera prioridad a esta etapa debido a la confluencia de subcontratistas y los avances que estos requerían para cumplir plazos.

Durante las primeras semanas se dio seguimiento a las actividades que recién daban inicio y otras que presentaban avances incipientes, en esta fase el edificio Este presentaba un progreso significativo con respecto al edificio Oeste, área de sótanos y vestidores por lo que se realizó un recuento de las tareas que nivelarían el proyecto para seleccionar procesos a analizar.

A partir de los tiempos de inicio de actividades, nivel de importancia, repercusión sobre tareas sub-secuentes y variables que afectaban la productividad observadas durante el proceso de ejecución, se tomó la decisión de analizar tres de ellas, para seleccionarlas también se tomó en cuenta la recomendación de la residente del proyecto, además se realizó un diagrama de Pareto para confirmar los problemas que podrían reducir su efectividad.

Procesos seleccionados

Para realizar el análisis de productividad y la mejora de los procesos se tomó en cuenta los criterios de selección anteriormente citados y se dio seguimiento a estos:

- Repello en paredes de concreto
- Pega de Terrazo
- Colado de contra-piso

En el repello de paredes de concreto se presentó problemas relacionados con la actividad precedente de colado de elementos, durante esta hubo múltiples aberturas de paneles de formaleta, lo que ocasionó que el acabado tras la colada de los muros, columnas y vigas de concreto reforzado fueran objeto de picas previas al inicio del repello, esto hacía que las actividades subsecuentes al repello se vieran un poco retrasadas, por tanto la actividad resultó de gran interés ya que las picas abarcaban recursos importantes hasta obtener un elemento listo para poder ser repellido lo que implicaba una pérdida de recursos y deficiencia en la productividad de la actividad como tal.



Figura 7. Detalle de repellos en ducto de elevador
Fuente: Propia

Otro de los factores fue la entrada de subcontratistas de acabados al presentar retrasos en los aposentos se debía posponer la entrada de estos, lo que ocasionó descontrol en la programación de acabados y de ahí uno de los indicadores que la actividad debía replantearse y darle seguimiento.

El Terrazo al contar con tres procesos posteriores a su instalación representaba una actividad prioritaria durante la etapa de acabados, la orden en el proyecto era abrir espacios a los terraceros ya que además de la pega del piso, estaba la fase de fragua, re-tape, destronque como muestra la figura 9 y el pulido final de las piezas, al contar con esta variedad de procesos se dio seguimiento a la eficiencia de las cuadrillas y su nivel productivo, así como el cálculo posterior del rendimiento.

A diferencia de otros tipos de piso el terrazo conlleva una serie de procedimientos extra sin embargo al ser más resistente que otros como el porcelanato o cerámica, era más adecuado para la tipología del proyecto al estar expuesto a paso constante, la razón por la que la entrada del terrazo tenía prioridad se debía a los procesos posteriores ya que al realizar el re-tape una semana después de la fragua el aposento debía cerrarse y protegerse del paso unos días, lo que retrasaría la entrada de otros acabados.

El análisis de esta actividad se concentró en la etapa de instalación compuesta por tareas como: corte de piezas, modulación, pega, elaboración de mortero y mezcla estas dos afectadas en gran medida al orden, distribución de insumos y diseño de sitio ya que la particularidad del terrazo es la elaboración del mortero en sitio.



Figura 8. Pega de terrazo en área de Comedor Eje 7-9
Fuente: Propia



Figura 9. Cerramiento para destronque de terrazo Eje 1-2

Otra de las actividades analizadas fue el colado de contra-pisos se elige esta actividad debido al peso económico que conllevaba esta y la cantidad de metros cúbicos que debían colocarse en pasos perimetrales, puentes y espacios comunes como plazoleta y losa de gimnasio, como se mencionó uno de los factores era la importancia de la actividad en relación con otras y la eficiencia de esta incide en la colocación de terrazo o acabados respectivos de áreas como demarcación o construcción de muros perimetrales.

Durante el desarrollo del proyecto la mayoría de los elementos fueron colados por descarga directa usando la grúa torre, sin embargo, en esta etapa fue desmontada para dar espacio a acabados en la zona central del proyecto, por tanto, los pasos perimetrales fueron colados en su mayoría con bomba estacionaria como muestra la figura 10.

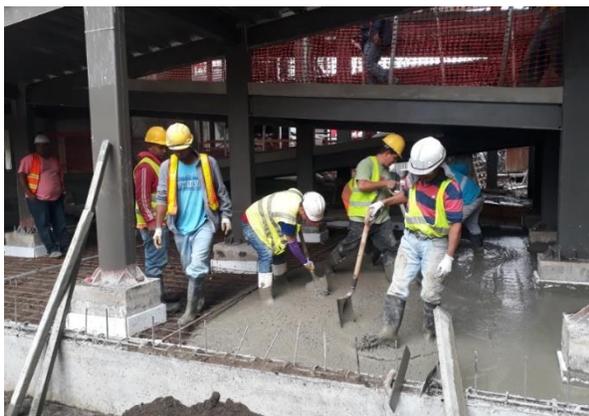


Figura 10. Colado de contra-piso perimetral en rampa

Aun así, cuando las áreas que se pretendían colar permitían el ingreso de la pipa para hacer la descarga directa o de una telescópica (figura 11), se hacía uso de estas ya que el proceso se agilizaba con respecto al desarme de tubería que implicaba la estacionaria, por lo tanto, las mediciones discriminan el uso de bomba estacionaria y otros métodos ya que la productividad es mayor.



Figura 11. Colado de puentes norte usando telescópica

Técnicas de medición de productividad

Una vez seleccionados los procesos a evaluar se definió un programa de toma de datos, para este proyecto se estableció un número total de 7 muestreos por actividad para tener credibilidad estadística y apegándose a lo que indica la teórica expuesta en el marco teórico, se tomó 400 observaciones en cada uno, esto con la intención de reducir el error asociado a un mínimo del 5%.

Se eligió la técnica Crew Balance para analizar los muestreos de los tres procesos, esta da un panorama más claro de la distribución total del tiempo que se mide gracias al gráfico de barras que identifica en porcentaje cual actividad desarrollo él trabajador durante la medición, a partir de este método se obtienen productividades individuales mostrando cuanto fue trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo, esto permitió analizar en que se usó el tiempo en esos momentos en los que no se aportaba a la culminación de la actividad.

Las mediciones se hicieron en video para permitir un registro más confiable, estas se realizaron en momentos diferentes del día y no a una hora específica para no tener un sesgo en el muestreo, luego de esto se usó una plantilla (Figura 12), con esta se revisaba las grabaciones de video por actividad y se definía una acción con su respectivo número luego estas se subdividían en las tres tipologías de trabajo para obtener el gráfico comparativo de productividades.

| Descripción de actividades por número | | | | | | |
|---------------------------------------|------|--|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | | | |
| Ubicación: | | Características físicas de cada trabajador | | | | |
| Fecha: | | | | | | |
| Clima: | | | | | | |
| # Obs | Hora | Trab 1 | Trab 2 | Trab 3 | Trab 4 | Trab 5 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |

Figura 12. Plantilla para toma de datos Crew Balance

Además de la aplicación de Crew Balance se realizó un registro fotográfico del flujo de trabajo para evaluar cómo es la cadena de producción de los procesos que se analizaban, así como un seguimiento a las zonas de almacenaje de materiales y recorridos que hacían los trabajadores para traer insumos o ir al baño durante los tiempos laborales y definir si repercuten en la eficiencia de la actividad.

Last Planner Semanal

Como parte de las acciones a desarrollar en el proyecto, se asignó llevar un control de actividades y una de las herramientas que implementa la empresa Edificar S.A. es el Last Planner System, este no fue usado en la fase de obra gris del proyecto, sin embargo, en la etapa de acabados se utilizó para identificar demoras y alcanzar metas planteadas de forma semanal, el sistema consistía en establecer metas para todos los subcontratistas definiendo un límite de tiempo para cumplir la tarea, en conjunto con la residente del proyecto se establecían metas según cronograma de avance y fechas de entrega.

Los cronogramas de actividades se entregaban los días martes de cada semana y se realizaba un corte el día lunes de la siguiente, cada actividad contaba con un porcentaje completado esperado, si el contratista llegaba a la meta se identificaba con un 1 de lo contrario con un 0, los días martes se llevaba a cabo la reunión de seguimiento y productividad (Figura 13), en estas se discutía el (PAC) semanal, se realizaba un recuento de accidentes, multas por incumplimiento y temas de avance y seguridad, además el contratista estaba en el derecho de aceptar o discutir las tareas que se le asignaban para la semana siguiente.



Figura 13. Reunión de productividad y seguimiento de obra

Cada contratista estaba en la obligación de asistir a las reuniones de productividad ya que en estas se discutían temas relacionados al avance de obra, sin embargo la empresa al contar con la plataforma Procore® tenía la facilidad de realizar un recuento de estas reuniones y a través un correo electrónico se hacía llegar a cada contratista la minuta y el programa semanal adjunto, con esto el equipo de Edificar se aseguraba que el contratista no asumiera desconocimiento al no contar con los objetivos semanales de forma física.

El sistema como tal establecía un (PAC) mínimo de 70%, cada actividad se promediaba al final de semana y se esperaba estar por encima del mínimo establecido, aun así las actividades que no llegaban a su meta eran parte del estudio (CNC) o causas de no cumplimiento a partir de esto se realizaba un gráfico que apilaba estas causas de forma semanal y con esto se daba una idea de estas, entre ellas: mala planificación, materiales o cambios de diseño.

Análisis de causas

A partir de la recolección de datos y técnicas aplicadas se logra identificar cuáles son las causas de baja productividad y enlistar cuales de estas son usuales en las 7 mediciones realizadas para los tres procesos, a partir de esto se realizan diagramas de causa y efecto para determinar las causas principales en la reducción de la productividad, así como diagramas de Pareto para identificar una característica común en la medición que condiciona la culminación de la actividad como se muestra en la figura 14.

También se aplicó encuestas al personal de Edificar S.A. con la intención de conocer el estado del ambiente laboral, como se desarrollan las actividades y la percepción del nivel productivo de la empresa, esto se realizó para tener una idea de lo que creen los responsables de ejecutar la obra e identificar si los problemas pueden tener una solución, a partir de relaciones laborales, sistema de estímulo o adecuada capacitación.

Propuesta de mejora

Luego de realizar el análisis de causas se plantean las ideas de mejoramiento ya sean estas enfocadas en el procedimiento o forma en que se ejecutan los procesos a los que se le dio seguimiento, manejo del diseño de sitio o de las condiciones laborales que impiden que la actividad se desarrolle de forma eficiente.

Esto permite a la empresa Edificar S.A. implementar las mejoras y prestar más atención en los puntos señalados como problemáticos, con esto se pretende estandarizar procesos en otros proyectos y evitar repetición de errores observados en la obra sujeta a análisis en este documento.

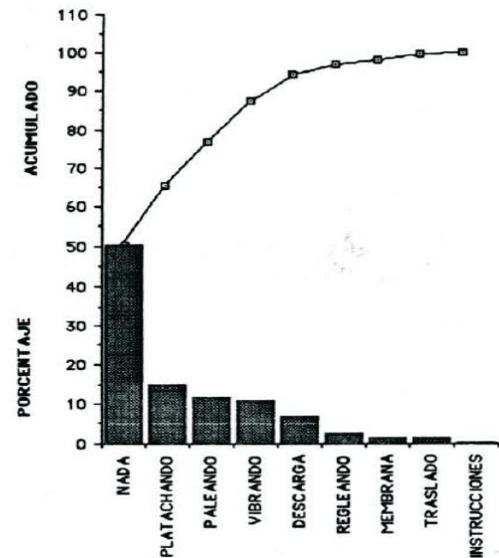


Figura 14. Ejemplo de Diagrama de Pareto
Fuente: Acevedo, P & Acuña, M. (1991)

Resultados

En esta sección se muestra una recopilación de los datos obtenidos a lo largo del proyecto, se adjuntan cuadros de resumen y figuras que representan de forma gráfica el comportamiento productivo asociado a las actividades seleccionadas, esto mediante la aplicación de técnicas de observación a lo largo de la práctica profesional.

Además, durante este periodo se emplea parte de la filosofía Lean Construction descrita en el marco teórico, herramientas con las que cuenta Edificar S.A y durante etapas previas no eran usadas, estas servían para dar seguimiento y verificar desempeño de las actividades seleccionadas, por tanto, en este apartado se muestran las tablas y gráficos usados durante ese periodo.

Lo anterior permite identificar cuáles son las causas de la baja productividad, esto aunado a análisis por medio de diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto y encuestas enfocadas hacia la percepción que tienen los trabajadores, presentado al final de esta sección.

Medición de Productividad

A partir de observaciones en las que se aplicó la técnica de Crew Balance, se muestra para cada actividad un total de 7 mediciones en las cuales a cada trabajador se le dio seguimiento hasta completar un total de 400 observaciones con esto el error asociado es menor y la muestra representa una cantidad considerable y confiable por lo que puede ser usado como un parámetro de medición.

Para cada actividad se muestra el diagrama de flujo respectivo que indica como era llevado a cabo el proceso y una tabla de recursos que describe como estaba conformado y que tipo de material era utilizado para culminarla.

Proceso 1. Repello en paredes

Esta actividad se midió tanto en paredes internas como en paredes externas o fachadas como muestra la figura 15, se realizó un total de 7 mediciones en varios puntos del proyecto: Edificio Este, Oeste y Ductos, se dio seguimiento a cuadrillas heterogéneas a lo largo del proceso mientras en algunos casos se tomó la medición de 3 operarios en otros eran 4 o 5 los miembros de la cuadrilla, además los métodos usados y materiales variaron durante el seguimiento de las actividades por lo que se muestra en cada caso que materiales y herramientas fueron usadas en la actividad.



Figura 15. Detalle de Repellos en fachada oeste, Ejes 1-2

Diagrama de Flujo del proceso de Repello de paredes

En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de la actividad de repello, el procedimiento general de la actividad y los materiales que se usaron para desarrollarla.

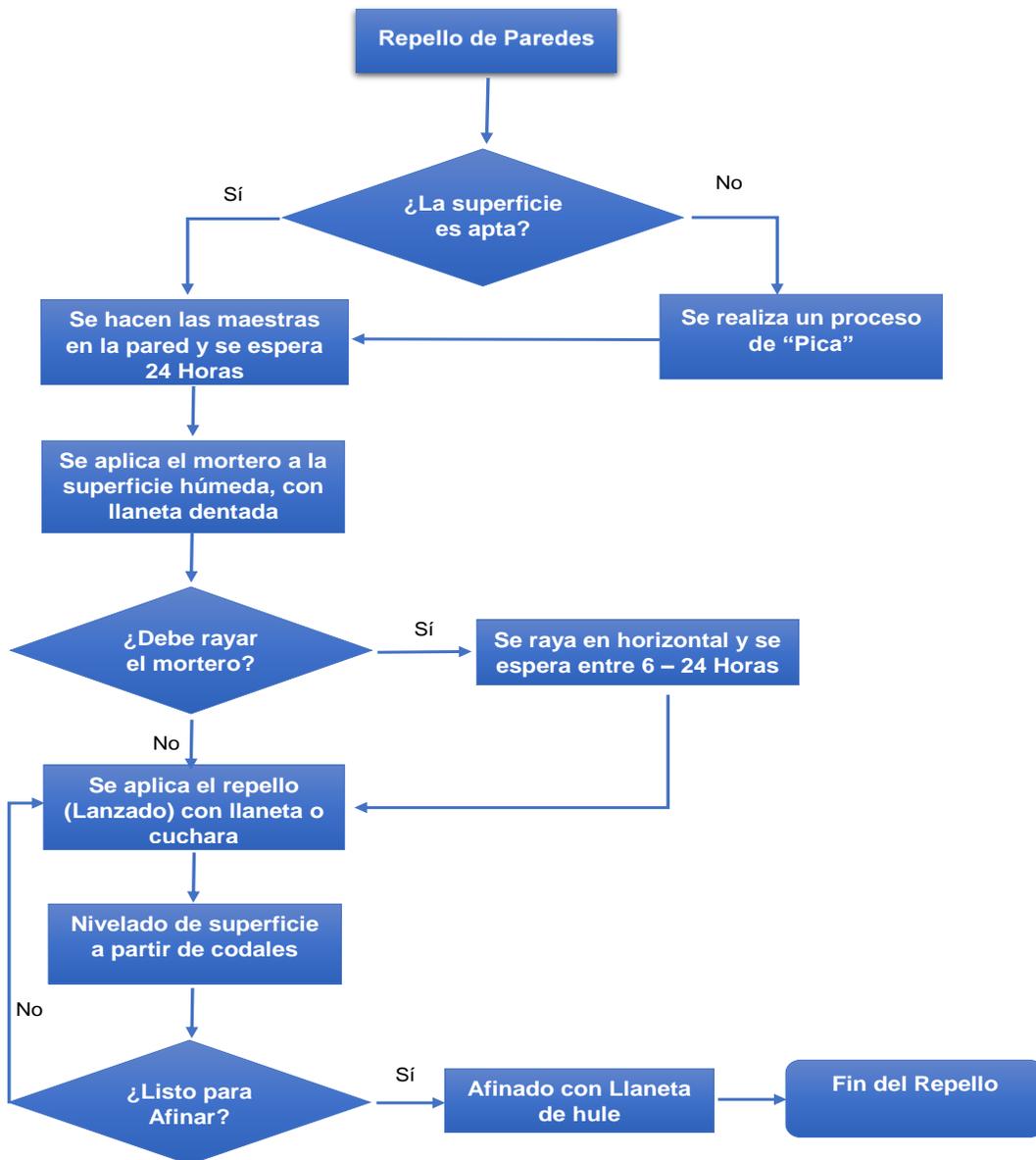


Figura 16. Diagrama de flujo de la actividad de repello

Medición N°1 – Metodología Crew Balance

CUADRO 1. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLO EN PAREDES

| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
|--|--------------|------------------------------|--|
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando | 3 operarios | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Llaneta de hule Balde Carretillo |

En el cuadro 2 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

CUADRO 2. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO FACHADA ESTE EJES 2-3

| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 |
|-------------------------|------------------------|------------|------------|------------|
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 17,75% | 26,25% | 15,25% |
| | Codaleando | 17,00% | 12,25% | 1,00% |
| | Afinando | 18,00% | 20,75% | 26,25% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,00% | 0,00% | 10,25% |
| | Trayendo Material | 1,00% | 2,75% | 5,00% |
| | Picando | 0,00% | 0,00% | 2,00% |
| | Limpiando Herramientas | 12,75% | 10,25% | 6,75% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 10,25% | 2,00% | 4,00% |
| | Hablando | 14,50% | 7,00% | 9,75% |
| | Caminando | 1,75% | 2,50% | 6,00% |
| | Observando | 5,25% | 14,25% | 11,75% |
| | Subiendo Andamio | 1,75% | 2,00% | 2,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 17 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 2, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 18 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

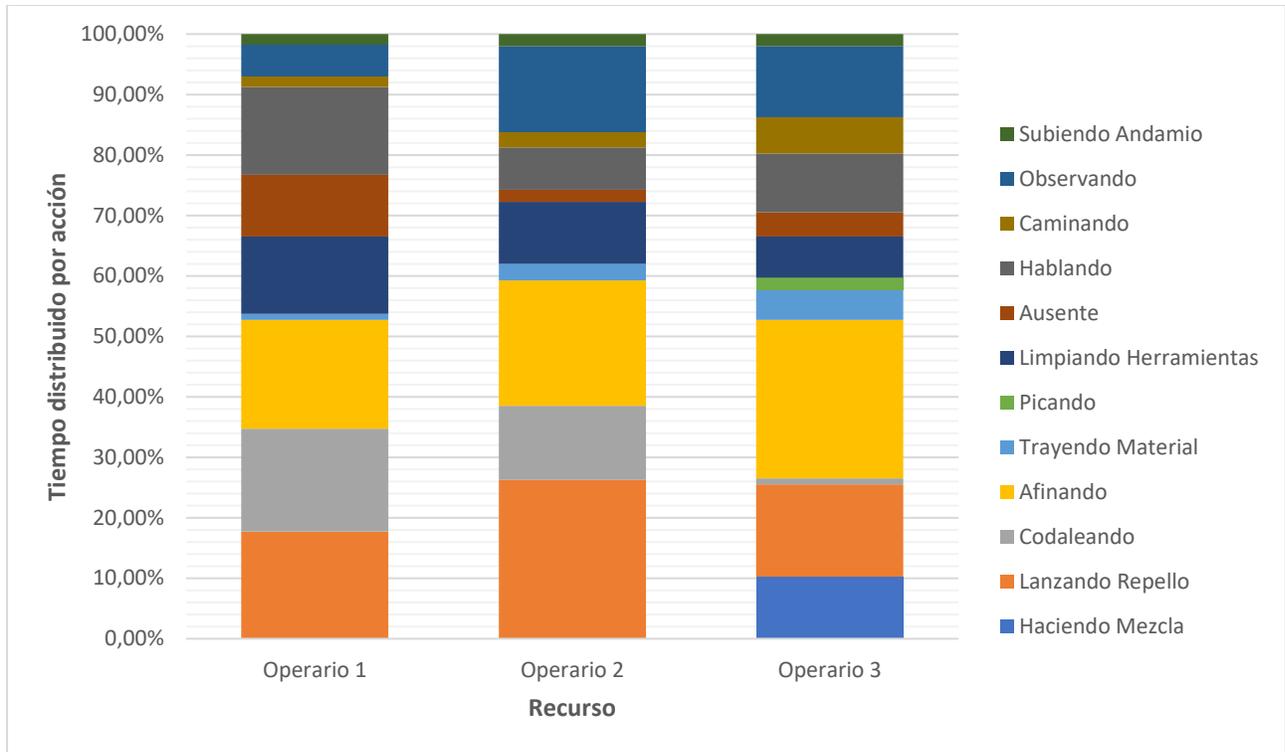


Figura 17. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°1

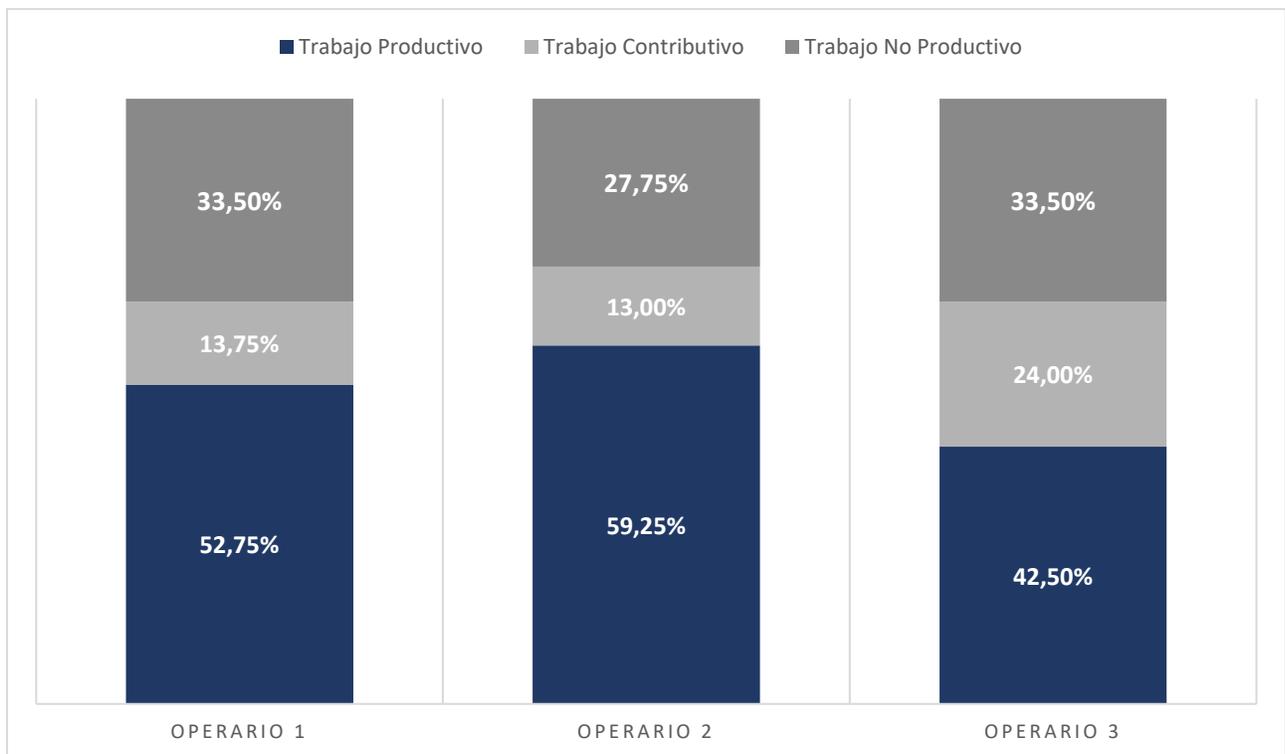


Figura 18. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°1

Medición N°2 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 3. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|--|--------------|---------------------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando | 4 operarios | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Llaneta de hule Balde |

En el cuadro 4 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos

se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 4. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO FACHADA OESTE EJE 3 - 4 | | | | | |
|--|------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 |
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 22,00% | 21,50% | 11,50% | 32,50% |
| | Codaleando | 10,25% | 16,75% | 26,00% | 5,00% |
| | Afinando | 26,50% | 12,50% | 12,00% | 3,75% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Trayendo Material | 1,00% | 1,00% | 2,00% | 0,75% |
| | Picando | 0,00% | 1,25% | 2,25% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Limpiando Herramientas | 9,50% | 5,75% | 5,50% | 7,00% |
| | Ausente | 0,00% | 0,25% | 0,25% | 0,75% |
| | Hablando | 4,50% | 10,75% | 6,25% | 4,75% |
| | Caminando | 2,50% | 1,00% | 1,00% | 0,75% |
| | Observando | 18,50% | 18,50% | 19,50% | 42,75% |
| | Subiendo Andamio | 5,25% | 10,75% | 13,75% | 2,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 19 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 4, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 20 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

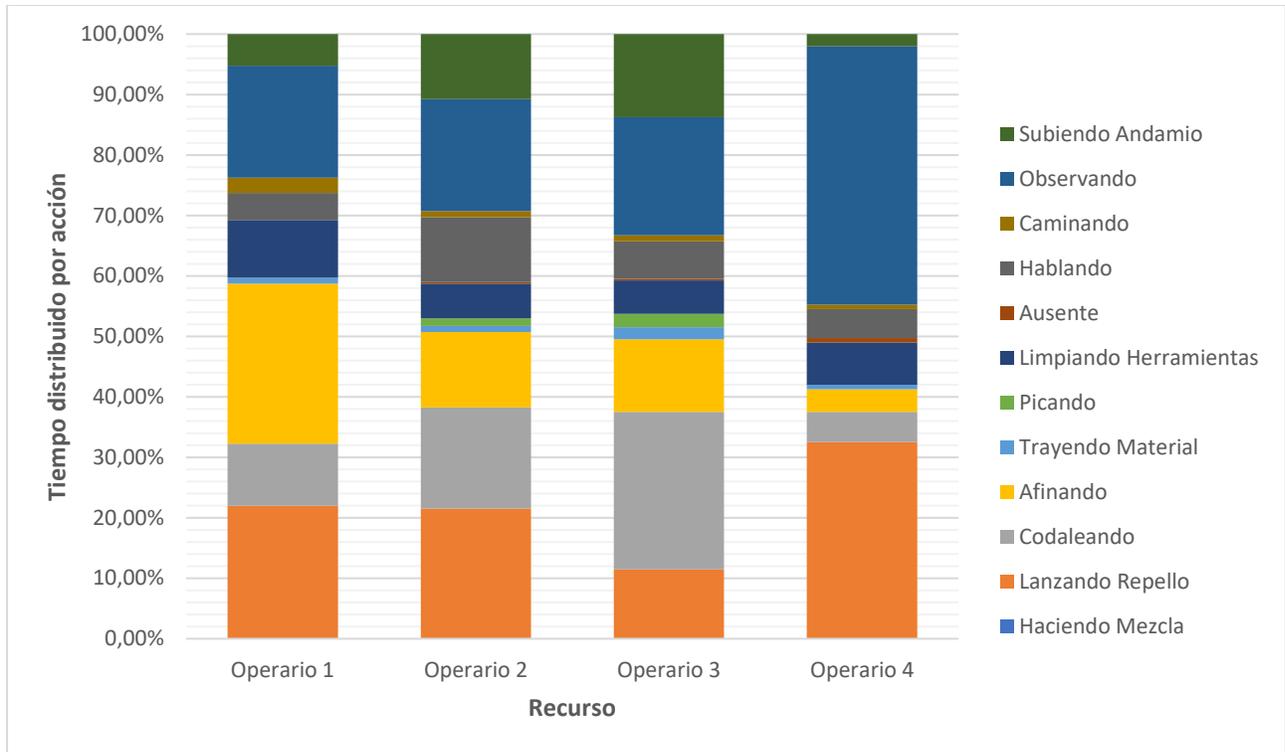


Figura 19. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°2

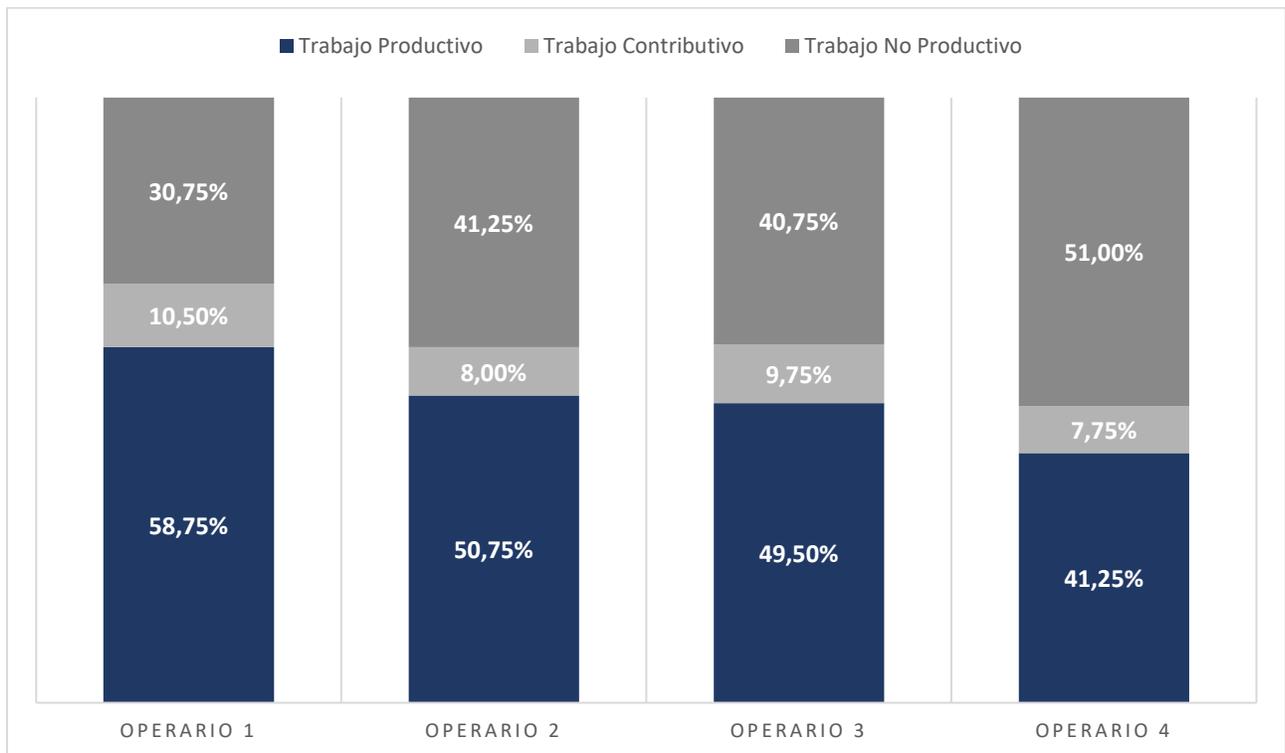


Figura 20. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°2

Medición N°3 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 5. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|--|--------------|------------------------------|---|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando Picando | 4 operarios | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Esponja Balde Taladro |

En el cuadro 6 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 6. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO FACHADA OESTE 4 - 5 | | | | | |
|--|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 |
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 37,25% | 3,75% | 2,75% | 12,75% |
| | Codaleando | 16,25% | 5,25% | 16,00% | 5,25% |
| | Afinando | 1,75% | 47,75% | 23,50% | 22,25% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,00% | 0,50% | 0,00% | 6,25% |
| | Trayendo Material | 0,75% | 0,50% | 1,00% | 2,25% |
| | Picando | 9,75% | 0,00% | 0,25% | 1,25% |
| | Limpiando Herramientas | 4,00% | 2,25% | 8,50% | 0,50% |
| Trabajo No Contributivo | Ajustando Andamio | 3,25% | 0,00% | 1,25% | 0,50% |
| | Ausente | 4,75% | 18,00% | 15,75% | 20,75% |
| | Hablando | 6,50% | 4,75% | 5,25% | 6,25% |
| | Caminando | 1,50% | 1,50% | 1,00% | 1,75% |
| | Observando | 11,00% | 14,50% | 21,75% | 18,50% |
| | Subiendo Andamio | 3,25% | 1,25% | 3,00% | 1,75% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 21 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 6, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 22 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

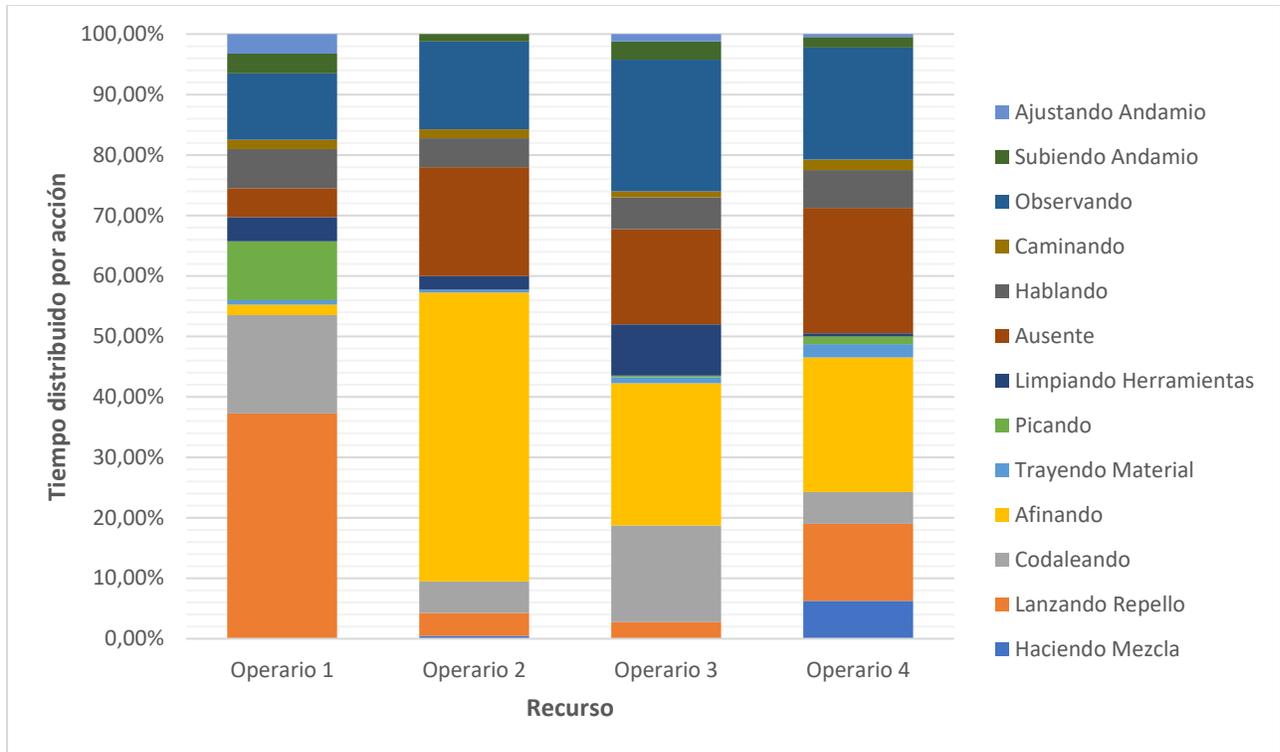


Figura 21. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°3

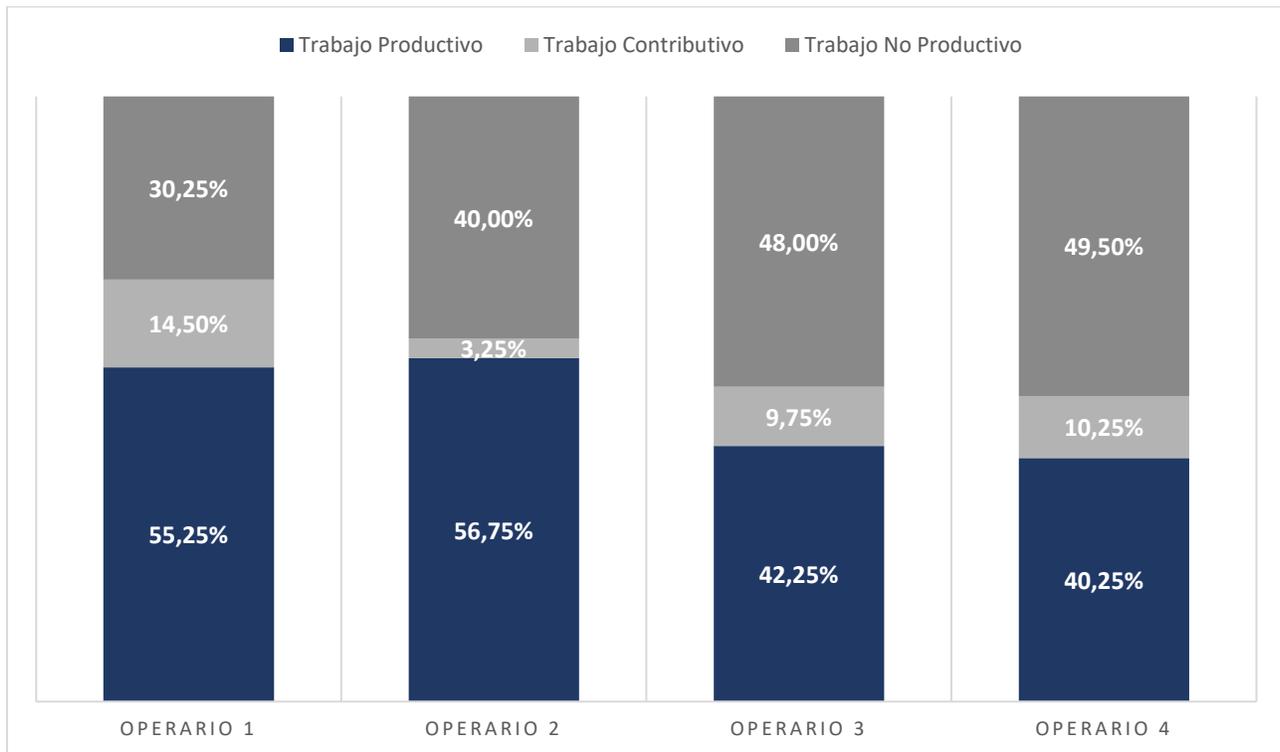


Figura 22. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°3

Medición N°4 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 7. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|---|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando Picando Limpiando | 3 operarios 1 ayudante | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Esponja Balde Taladro Carretillo Pala Escoba |

En el cuadro 8 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 8. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO BIBLIOTECA | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Ayudante 1 | Operario 2 | Operario 3 |
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 22,00% | 0,00% | 23,50% | 23,75% |
| | Codaleando | 14,75% | 0,00% | 13,50% | 11,50% |
| | Afinando | 19,25% | 0,00% | 8,75% | 3,50% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,00% | 0,00% | 9,50% | 8,00% |
| | Trayendo Material | 0,75% | 0,75% | 6,25% | 6,00% |
| | Picando | 0,00% | 0,00% | 1,75% | 10,00% |
| | Limpiando Herramientas | 4,75% | 0,00% | 4,00% | 3,75% |
| | Limpiando desperdicios | 0,00% | 52,00% | 0,00% | 0,50% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 6,25% | 18,50% | 4,25% | 3,75% |
| | Hablando | 5,00% | 2,50% | 4,75% | 3,50% |
| | Caminando | 3,50% | 13,00% | 11,00% | 13,25% |
| | Observando | 23,75% | 13,25% | 12,75% | 12,50% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 23 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 8, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 24 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

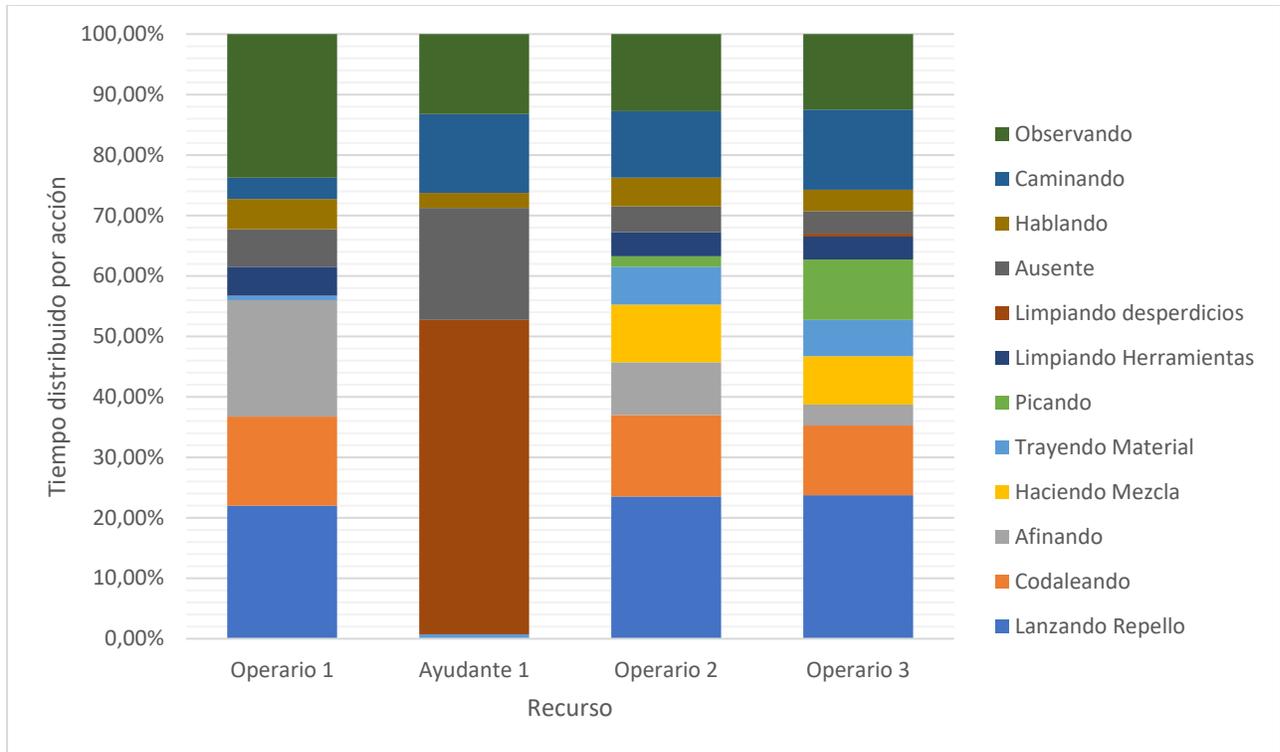


Figura 23. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°4

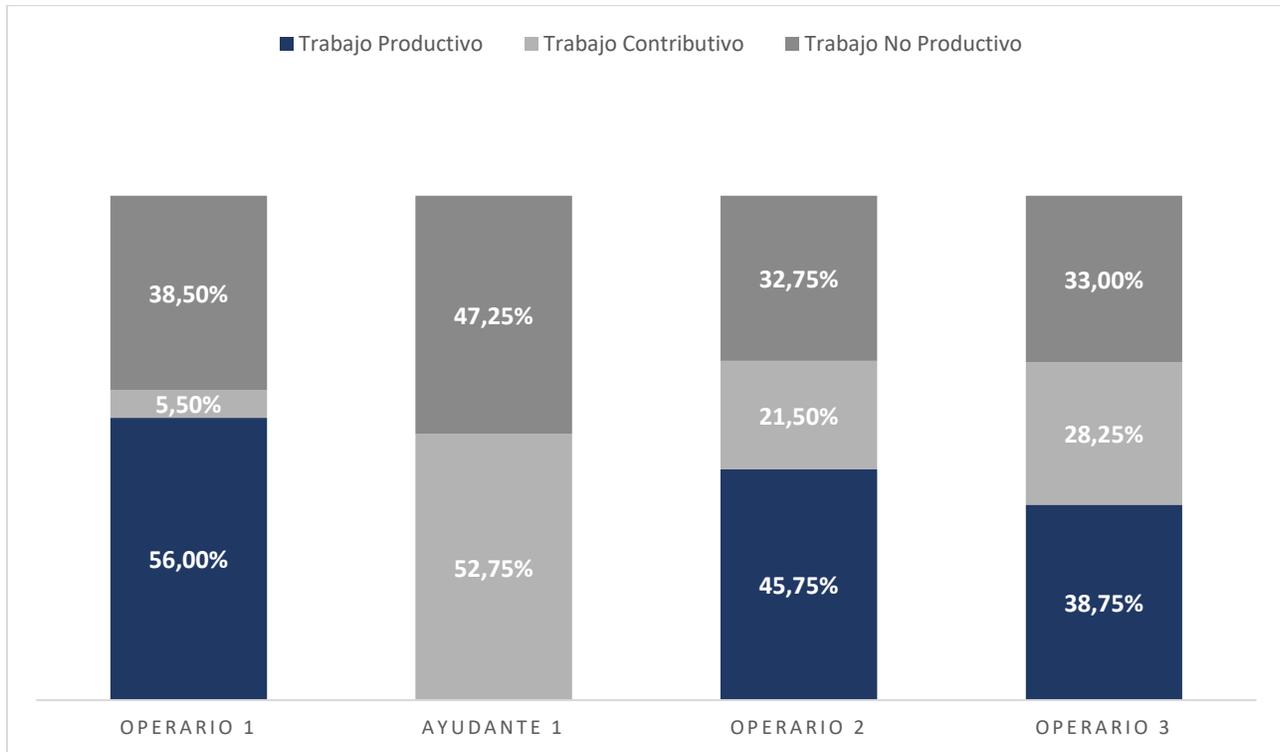


Figura 24. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°4

Medición N°5 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 9. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|---|---------------------------|------------------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando Subiendo material | 3 operarios 2 ayudante | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta De hule Balde Cuerda Carretillo Pala |

En el cuadro 10 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 10. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO FACHADA OESTE 5 - 6 | | | | | | |
|---|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 20,00% | 28,75% | 30,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Codaleando | 21,50% | 14,75% | 7,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Afinando | 23,75% | 17,00% | 28,50% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,25% | 0,00% | 0,00% | 36,50% | 45,25% |
| | Trayendo Material | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 16,00% | 8,25% |
| | Limpiando Herramientas | 14,00% | 7,00% | 5,25% | 0,50% | 0,75% |
| | Subiendo Material | 1,75% | 9,00% | 3,75% | 0,00% | 1,00% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando | 2,00% | 13,25% | 6,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Hablando | 1,75% | 2,50% | 1,75% | 7,75% | 8,75% |
| | Observando | 10,50% | 5,00% | 6,25% | 29,75% | 27,75% |
| | Ausente | 0,00% | 0,50% | 4,25% | 4,00% | 3,25% |
| | Caminado | 0,00% | 0,00% | 1,25% | 5,50% | 5,00% |
| | Subiendo Andamio | 4,50% | 2,25% | 3,75% | 0,00% | 0,00% |
| Porcentaje Total | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

En la Figura 25 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 10, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 26 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

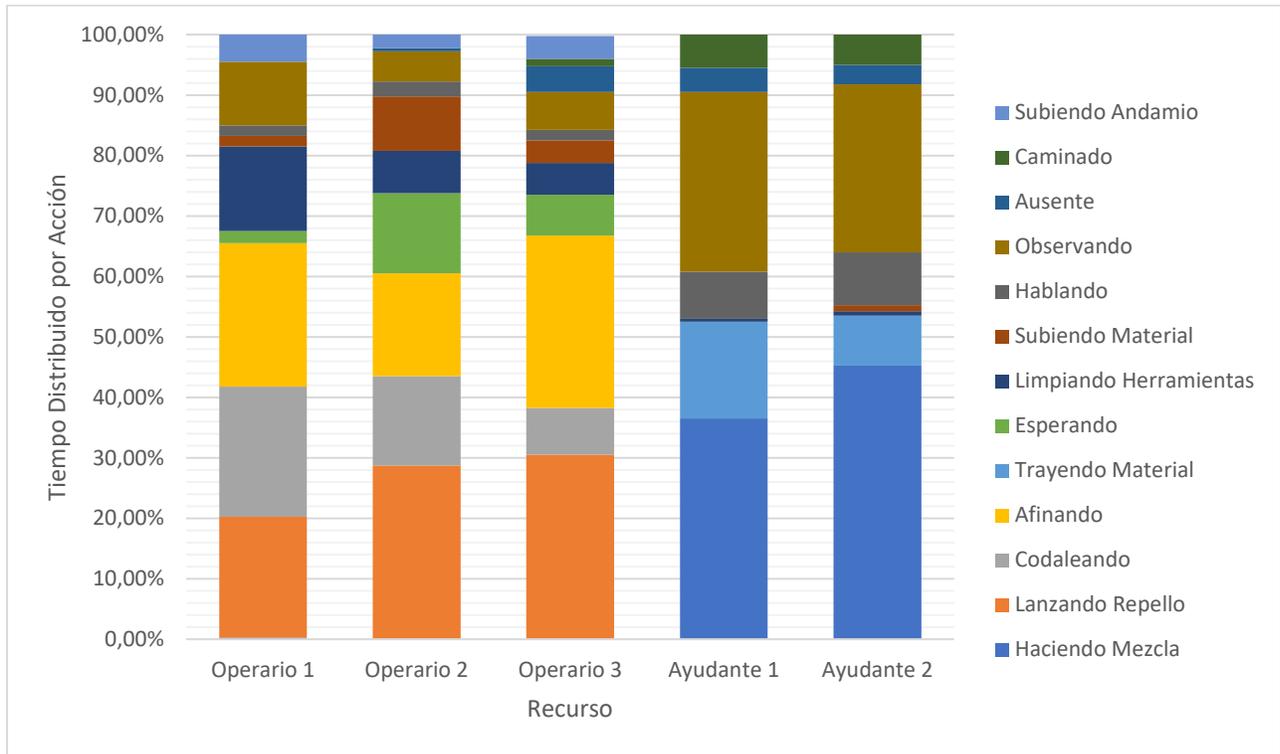


Figura 25. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°5

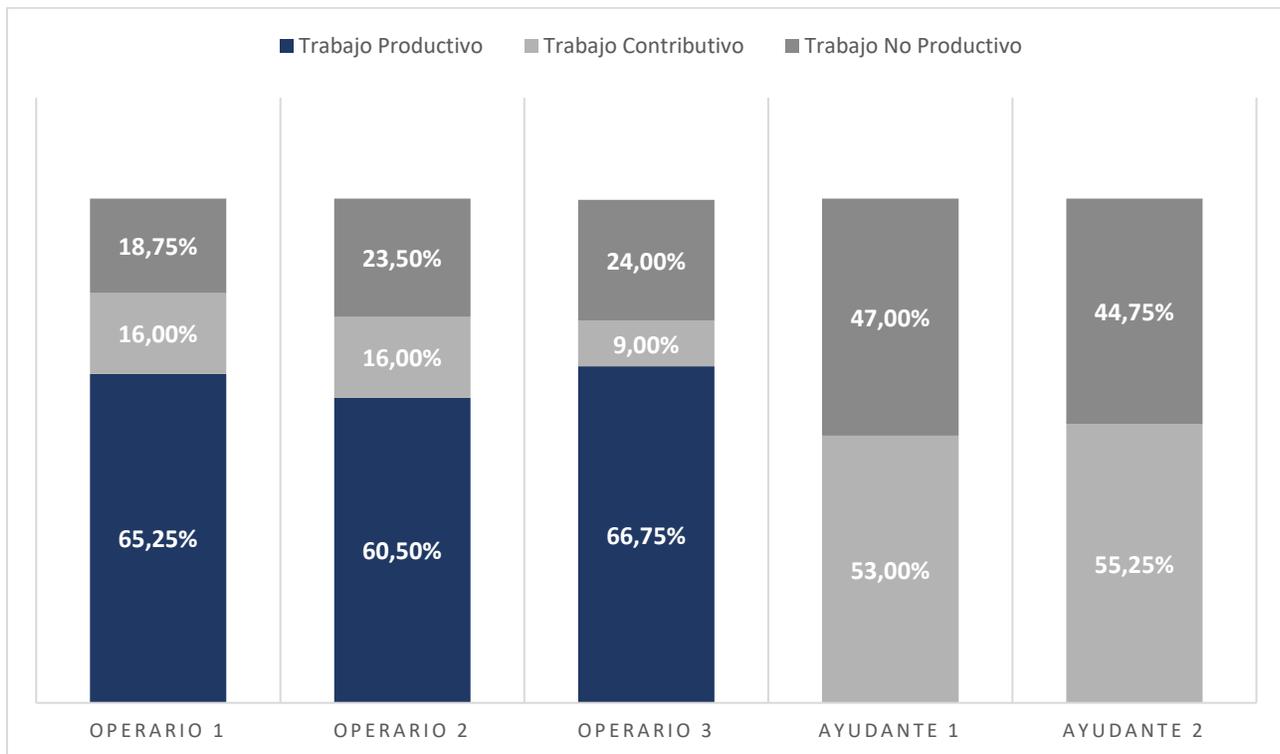


Figura 26. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°5

Medición N°6 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 11. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|---|---------------------------|------------------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando Subiendo material | 3 operarios 1 ayudante | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Esponja Balde Cuerda Carretillo Pala |

En el cuadro 12 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 12. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO FACHADA NORTE | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 |
| Trabajo Productivo | Lanzando Repello | 48,75% | 37,50% | 34,75% | 0,00% |
| | Codaleando | 1,25% | 15,00% | 20,75% | 0,00% |
| | Afinado | 8,75% | 10,25% | 6,00% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Haciendo Mezcla | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 49,00% |
| | Trayendo Material | 5,50% | 0,00% | 0,00% | 14,50% |
| | Limpiando Herramientas | 0,50% | 5,25% | 3,75% | 0,00% |
| | Subiendo Material | 8,25% | 8,50% | 3,50% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando | 7,50% | 10,00% | 12,25% | 0,00% |
| | Hablando | 2,25% | 3,00% | 5,00% | 6,50% |
| | Observando | 4,25% | 6,50% | 11,75% | 21,00% |
| | Ausente | 8,75% | 0,00% | 0,00% | 8,25% |
| | Caminado | 4,25% | 0,00% | 0,00% | 0,75% |
| | Subiendo Andamio | 0,00% | 4,00% | 2,25% | 0,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 27 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 12, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 28 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

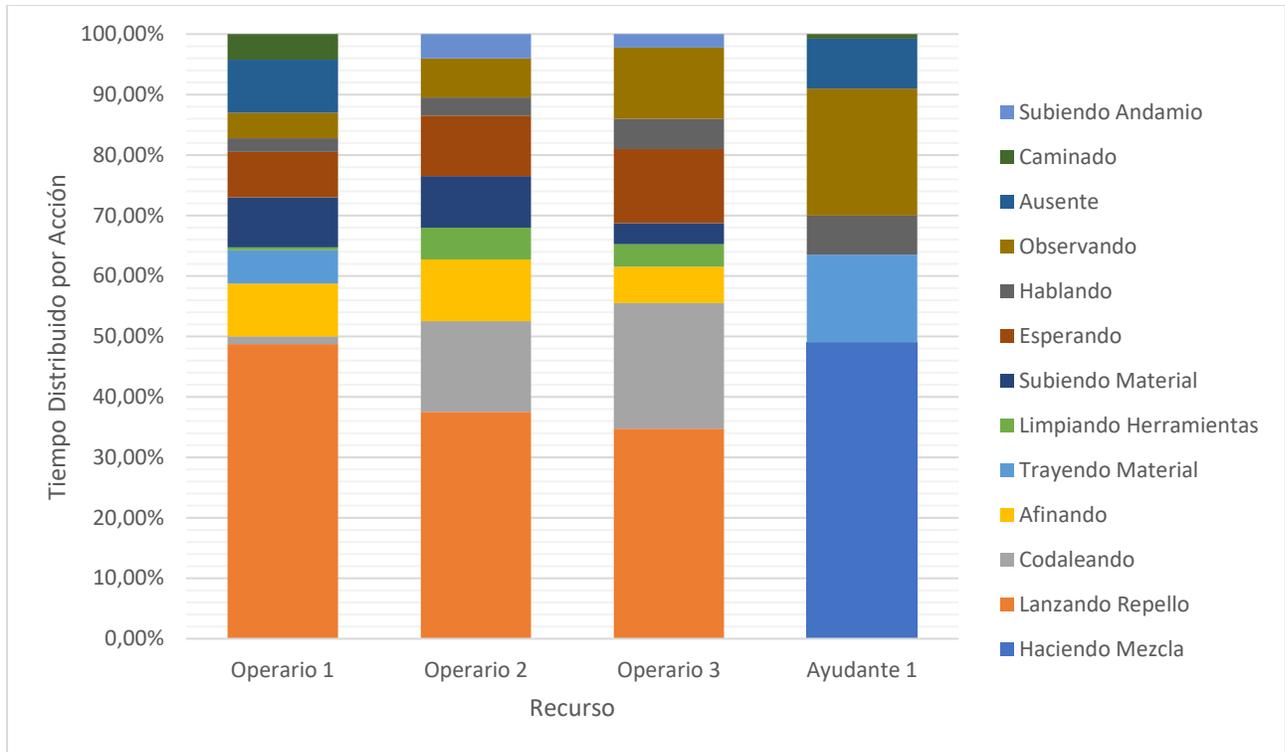


Figura 27. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°6

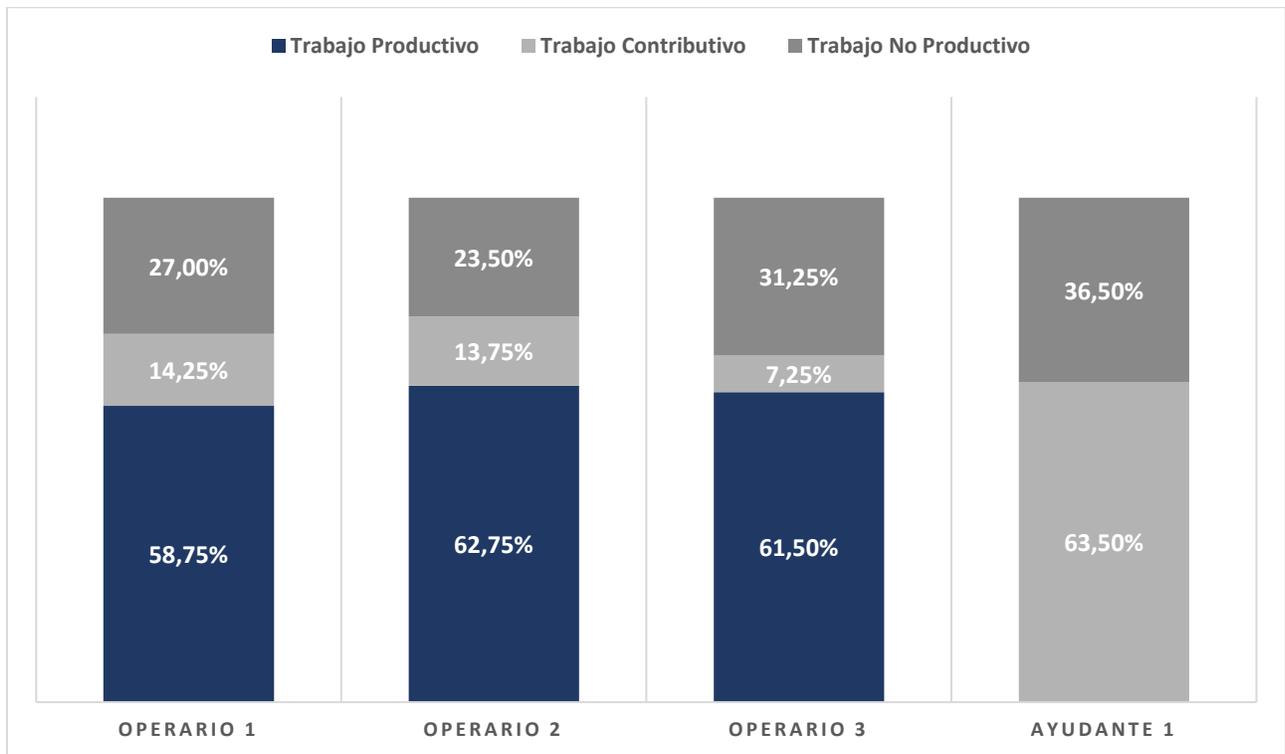


Figura 28. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°6

Medición N°7 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 13. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE REPELLOS DE PAREDES | | | |
|---|---------------------------|------------------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Haciendo Mezcla Lanzando Repello Afinado Codaleando Subiendo material | 2 operarios 1 ayudante | Agua Mortero Imperplaster | Codal Llaneta Llaneta de hule Balde Cuerda Carretillo Pala |

En el cuadro 14 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 14. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE REPELLO EN DUCTO ELEVADOR | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 1 | Ayudante 1 |
| Trabajo productivo | Lanzando Repello | 45,25% | 44,25% | 0,00% |
| | Codaleando | 10,25% | 8,00% | 0,00% |
| | Afinado | 10,00% | 8,75% | 0,00% |
| Trabajo contributivo | Haciendo | 0,00% | 0,00% | 14,75% |
| | Trayendo Material | 0,00% | 0,00% | 24,75% |
| | Subiendo Material | 6,00% | 7,75% | 0,00% |
| | Limpiando Herramientas | 8,75% | 8,00% | 0,00% |
| Trabajo no productivo | Caminado | 0,25% | 0,00% | 7,75% |
| | Hablando | 3,75% | 3,00% | 5,50% |
| | Observando | 5,75% | 3,25% | 38,25% |
| | Ausente | 3,00% | 2,25% | 8,25% |
| | Subiendo Andamio | 2,50% | 4,50% | 0,75% |
| | Esperando | 4,50% | 10,25% | 0,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 29 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 14, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 30 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

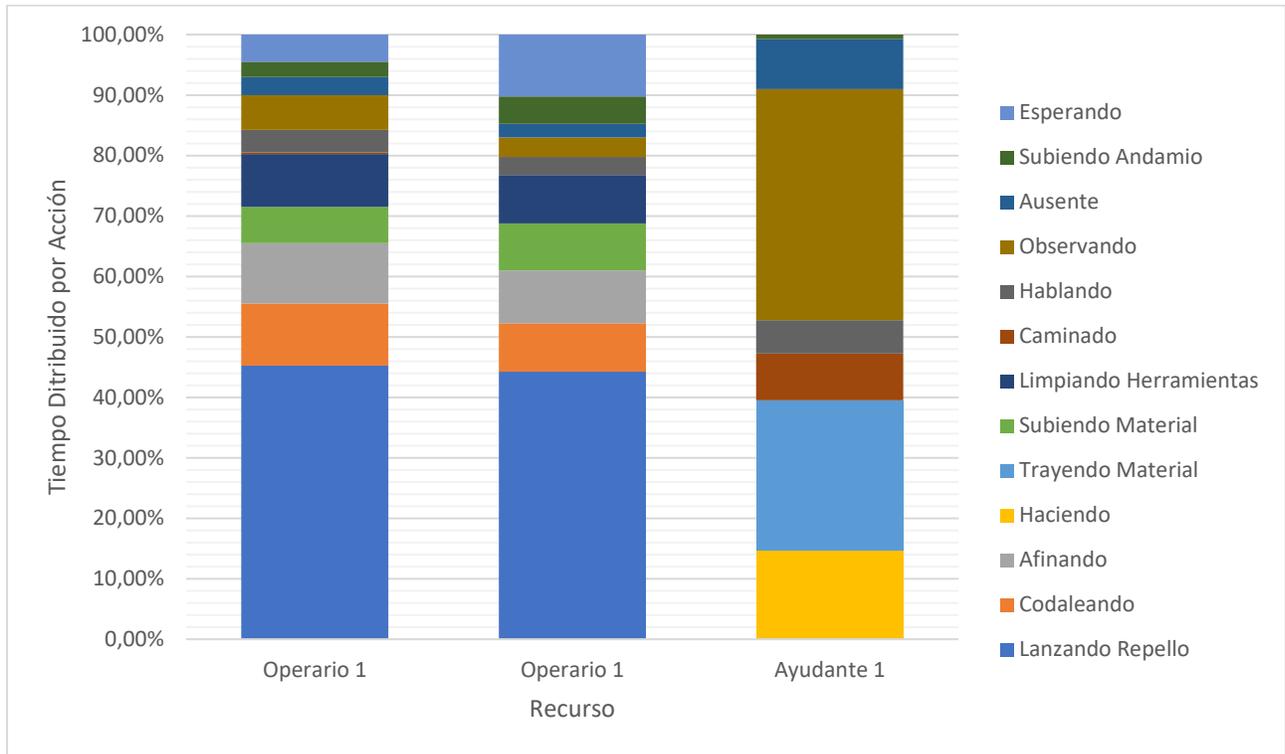


Figura 29. Crew Balance en la actividad de Repello en paredes para la medición N°7

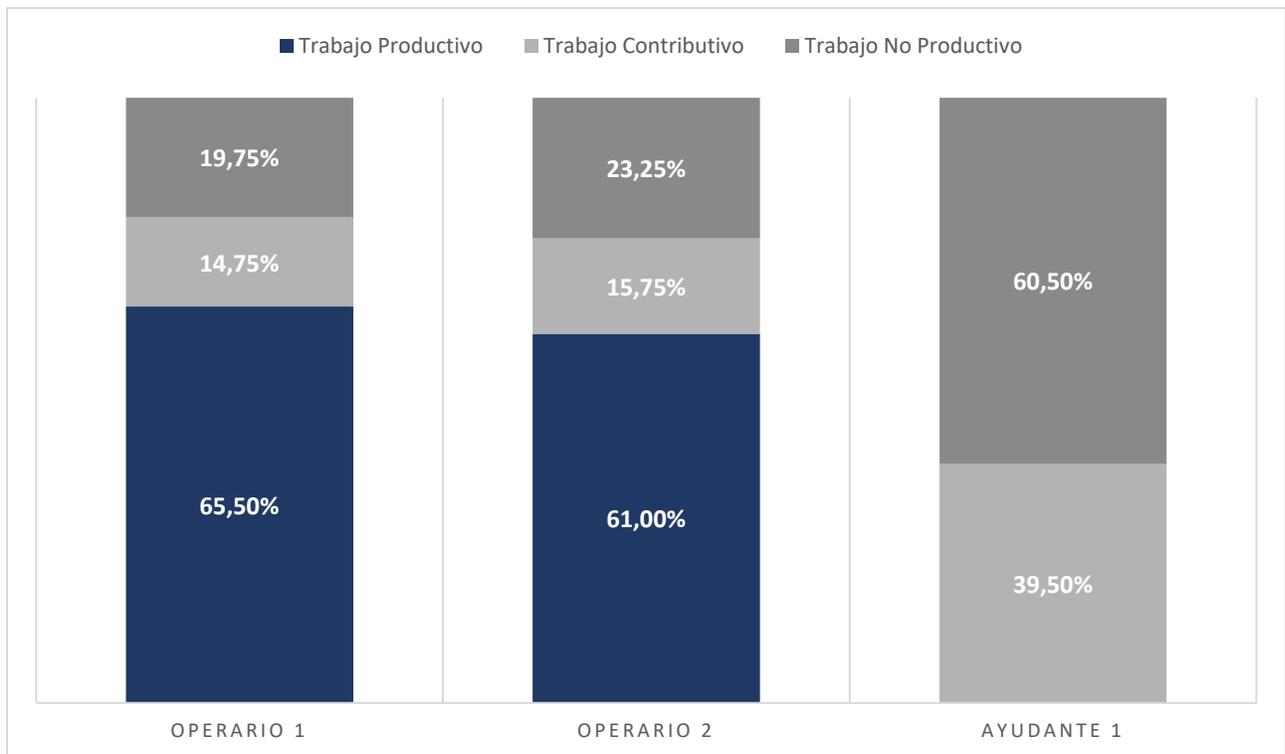


Figura 30. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°7

Rendimiento de la Actividad de Repello en paredes

A partir de las fórmulas detalladas en el marco teórico se procede a calcular el rendimiento de la actividad de repellos para esta se definió un factor de incremento que se calcula como muestra el cuadro 15, a partir del valor promedio de los rendimientos de las 7 mediciones se hace el cálculo de la desviación estándar y el coeficiente de variación para dar un valor con margen de exactitud, el valor del rendimiento estado en horas hombre por área cubierta, para la toma de tiempos se realizó en forma de video y en el cuadro 16 se muestra el desglose de estos

así como la mano de obra y cálculos para obtener el valor global de rendimiento de la actividad.

$$F.I = \frac{t.c \times 100}{h.d - t.c} \times 100$$

Dónde:

- T.C: es el tiempo invertido en otras actividades.
- H.D: es el número de horas laboradas (10 hr)

| CUADRO 15. CÁLCULO DEL FACTOR DE INCREMENTO | |
|--|-----------------|
| Actividad | Tiempo (h) |
| Café (Mañana) | 00:15 |
| Almuerzo | 00:45 |
| Servicio Sanitario | 00:15 |
| Otros | 00:10 |
| T.C | 01:25:00 |
| F.I | 14,29% |

| CUADRO 16. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO EN HORAS HOMBRE PARA LA ACTIVIDAD DE REPELLO DE PAREDES | | | | | | |
|---|------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|
| N° Medición | Tiempo de medición (h) | Tiempo Neto (h) | Personas por tarea | Horas/Hombre (H/H) | Trabajo (m ²) | Rendimiento (HH/m ²) |
| 1 | 01:22:30 | 1,375 | 3 | 4,125 | 7,40 | 0,557 |
| 2 | 01:28:00 | 1,467 | 4 | 5,867 | 8,50 | 0,690 |
| 3 | 01:16:45 | 1,279 | 4 | 5,117 | 8,80 | 0,581 |
| 4 | 01:37:20 | 1,622 | 4 | 6,489 | 14,40 | 0,451 |
| 5 | 01:35:00 | 1,583 | 5 | 7,917 | 15,48 | 0,511 |
| 6 | 01:25:50 | 1,431 | 4 | 5,722 | 12,50 | 0,458 |
| 7 | 01:19:35 | 1,326 | 3 | 3,979 | 9,50 | 0,419 |
| Promedio de Rendimiento | | | | | | 0,496 |
| Desviación Estándar | | | | | | 0,064 |
| Coeficiente de Variación | | | | | | 0,130 |
| Factor de incremento | | | | | | 0,143 |
| Rendimiento Global de Actividad | | | | | | 0,567 |

Proceso 2. Pega de Terrazo

Para esta actividad se realizó 7 muestreos, en cada uno se tomó 400 observaciones para cada trabajador, al igual que los otros procesos analizados se eligió varios puntos para realizar la medición de productividad, los cuales contaban con áreas diferentes mientras unos se tomaron en aulas otros se realizaron en pasillos o aposentos con otra distribución, además las cuadrillas fueron variando a lo largo de la toma de datos.

A continuación, se muestra una un diagrama de flujo que indica el funcionamiento del proceso, así como datos tabulados que representan los porcentajes de actividad por cada trabajador de la cuadrilla analizada, además de los materiales y herramientas usados durante el desarrollo de la actividad y representaciones graficas de la productividad de pega de terrazo.



Figura 31. Detalle de sitio durante pega de terrazo



Figura 32. Detalle de Elaboración de mezcla o mortero de pega



Figura 33. Detalle de colocación y pega de piezas de terrazo

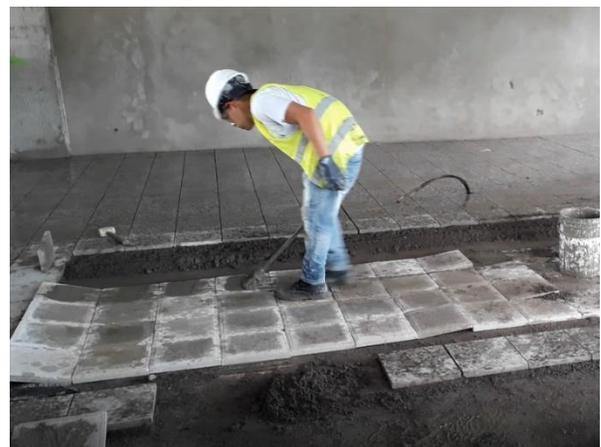


Figura 34. Detalle de "pinta" de piezas con pasta de cemento

Diagrama de flujo proceso de pega de Terrazo

En la figura 35 se muestra el diagrama de flujo de la actividad de pega de terrazo, el procedimiento

general de la actividad y los materiales que se usaron para desarrollarla.

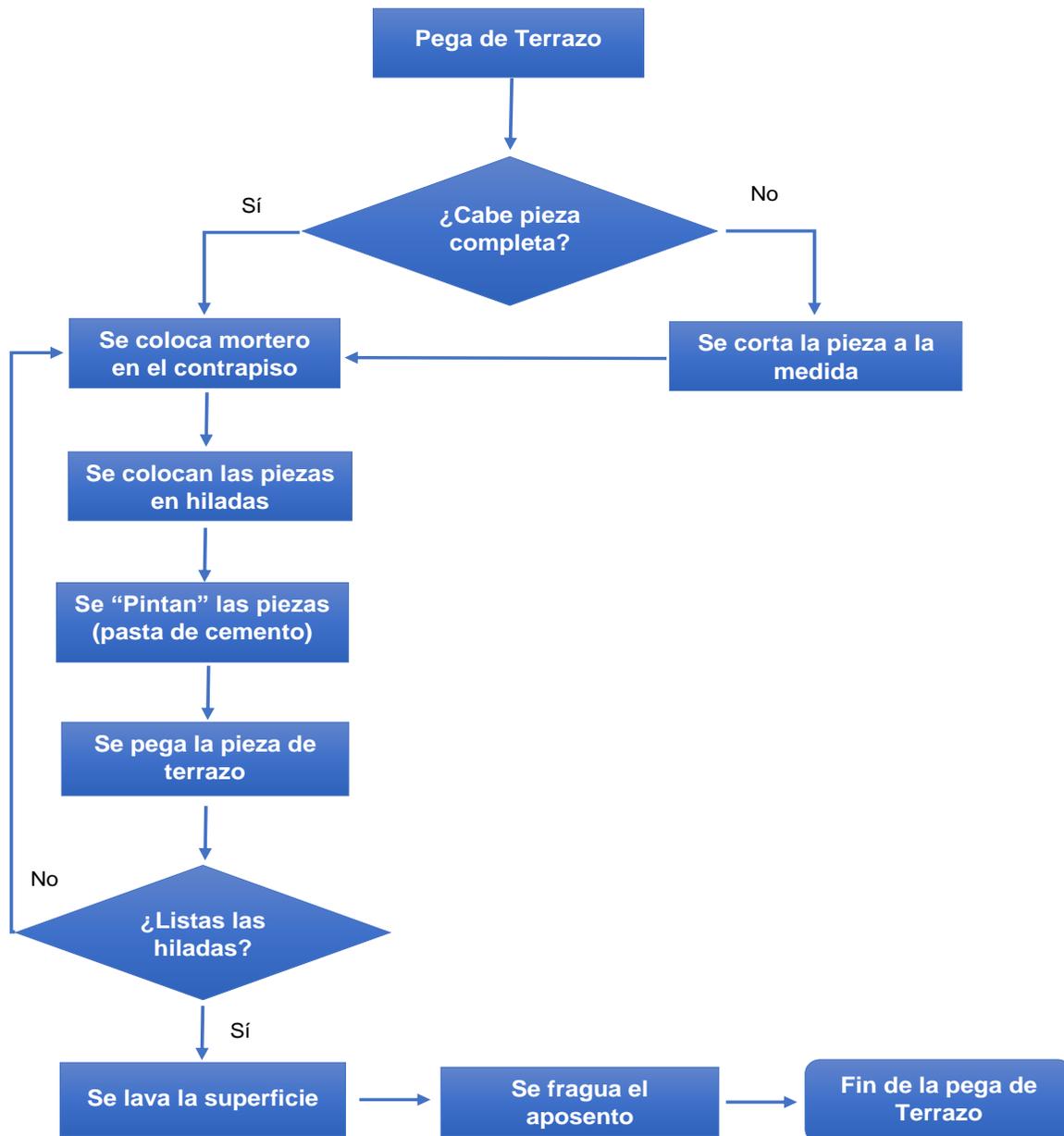


Figura 35. Diagrama de flujo de la actividad de pega de terrazo

Medición N°1 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 17. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 2 operarios 1 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 18 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 18. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | |
|---|-----------------------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 54,75% | 34,50% | 0,50% |
| | Colocando Base de pega | 14,50% | 14,00% | 1,50% |
| | Pintando piezas con mortero | 0,25% | 8,75% | 2,75% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 10,00% | 3,75% | 0,00% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 5,50% | 37,75% |
| | Barriendo | 2,25% | 6,75% | 1,25% |
| | Colocando piezas | 0,00% | 1,25% | 16,50% |
| Trabajo No Contributivo | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Ausente | 5,75% | 3,50% | 7,25% |
| | Hablando | 4,25% | 8,25% | 13,25% |
| | Caminando | 3,25% | 7,50% | 4,25% |
| | Observando | 5,00% | 6,25% | 15,00% |
| Porcentaje Total | | 100% | 100% | 100% |

En la Figura 36 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 18, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 37 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

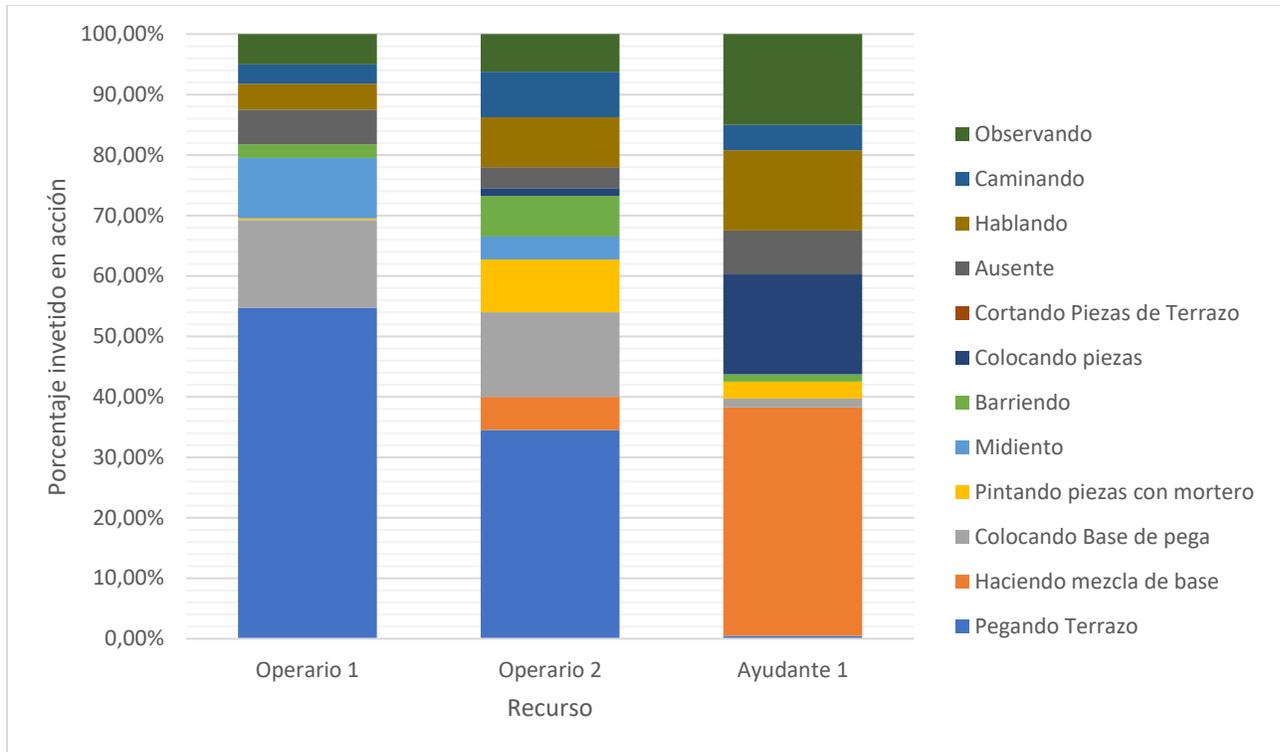


Figura 36. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°1

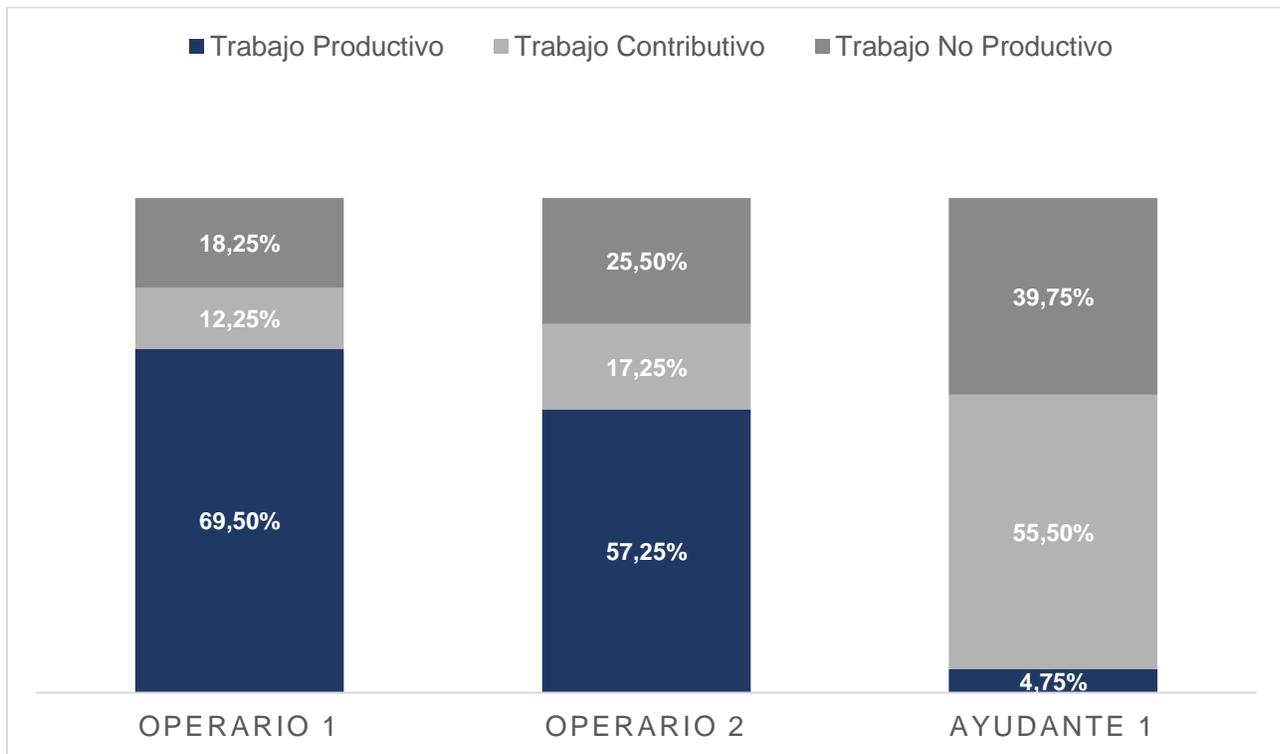


Figura 37. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°1

Medición N°2 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 19. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 2 operarios 1 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 20 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 20. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | |
|---|-----------------------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 43,75% | 70,75% | 0,25% |
| | Colocando Base de pega | 20,75% | 4,50% | 13,25% |
| | Pintando piezas con mortero | 2,25% | 1,50% | 8,75% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 3,25% | 7,00% | 4,75% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 0,00% | 10,00% |
| | Barriendo | 9,00% | 0,00% | 4,25% |
| | Colocando piezas | 2,75% | 0,00% | 27,50% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 3,00% | 0,00% | 10,50% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 2,25% | 2,00% | 4,00% |
| | Hablando | 1,75% | 2,00% | 2,00% |
| | Caminando | 6,50% | 5,00% | 8,50% |
| | Observando | 4,75% | 7,25% | 6,25% |
| Porcentaje Total | | 100% | 100% | 100% |

En la Figura 38 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 20, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 39 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

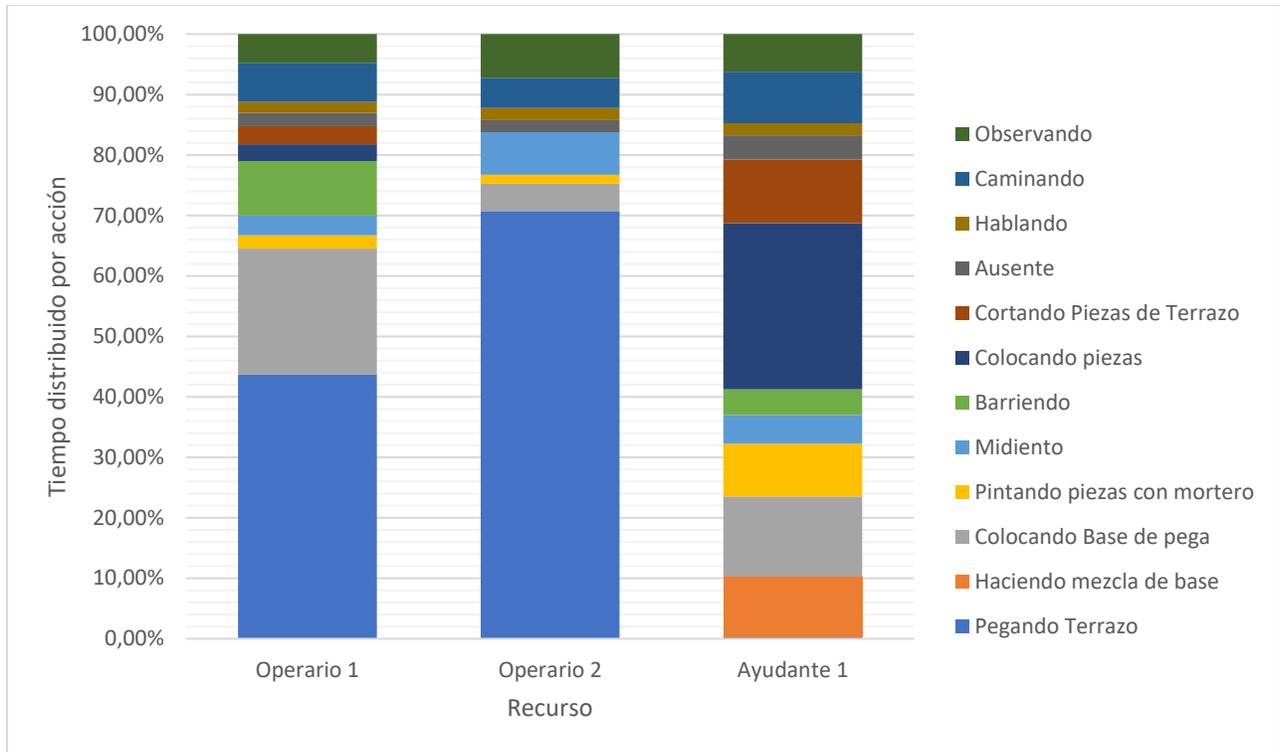


Figura 38. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°2

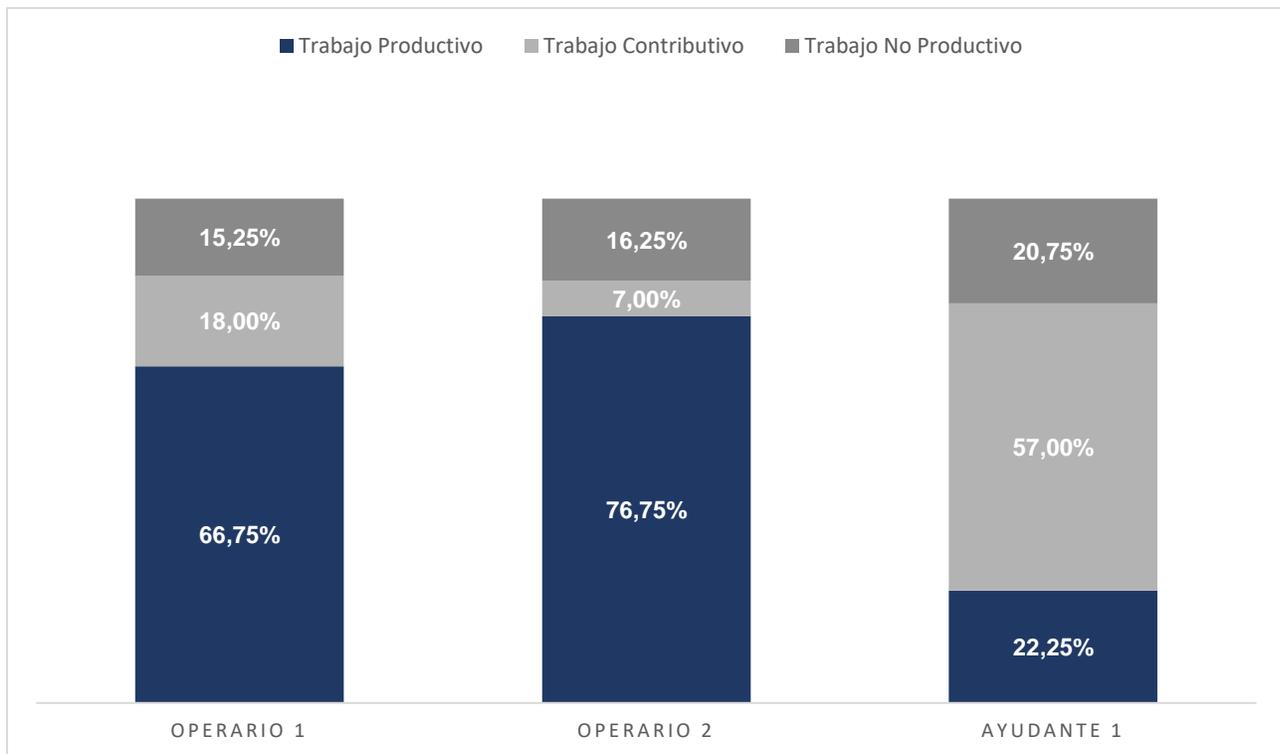


Figura 39. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°2

Medición N°3 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 21. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 3 operarios 2 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 22 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 22. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 56,25% | 59,75% | 42,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Colocando Base de pega | 13,50% | 9,00% | 8,75% | 19,75% | 15,50% |
| | Pintando piezas con mortero | 1,00% | 1,25% | 3,50% | 4,50% | 1,75% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 7,50% | 2,75% | 4,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 19,25% | 23,00% |
| | Barriendo | 6,25% | 0,00% | 1,00% | 1,75% | 3,50% |
| | Colocando piezas | 0,75% | 1,25% | 5,50% | 10,25% | 8,50% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 2,00% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 3,00% | 0,00% | 13,00% | 11,50% | 13,50% |
| | Hablando | 3,75% | 4,25% | 3,00% | 20,50% | 20,75% |
| | Caminando | 3,00% | 1,75% | 2,00% | 4,50% | 4,00% |
| | Observando | 5,00% | 20,00% | 13,75% | 8,00% | 9,50% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 40 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 22, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 41 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

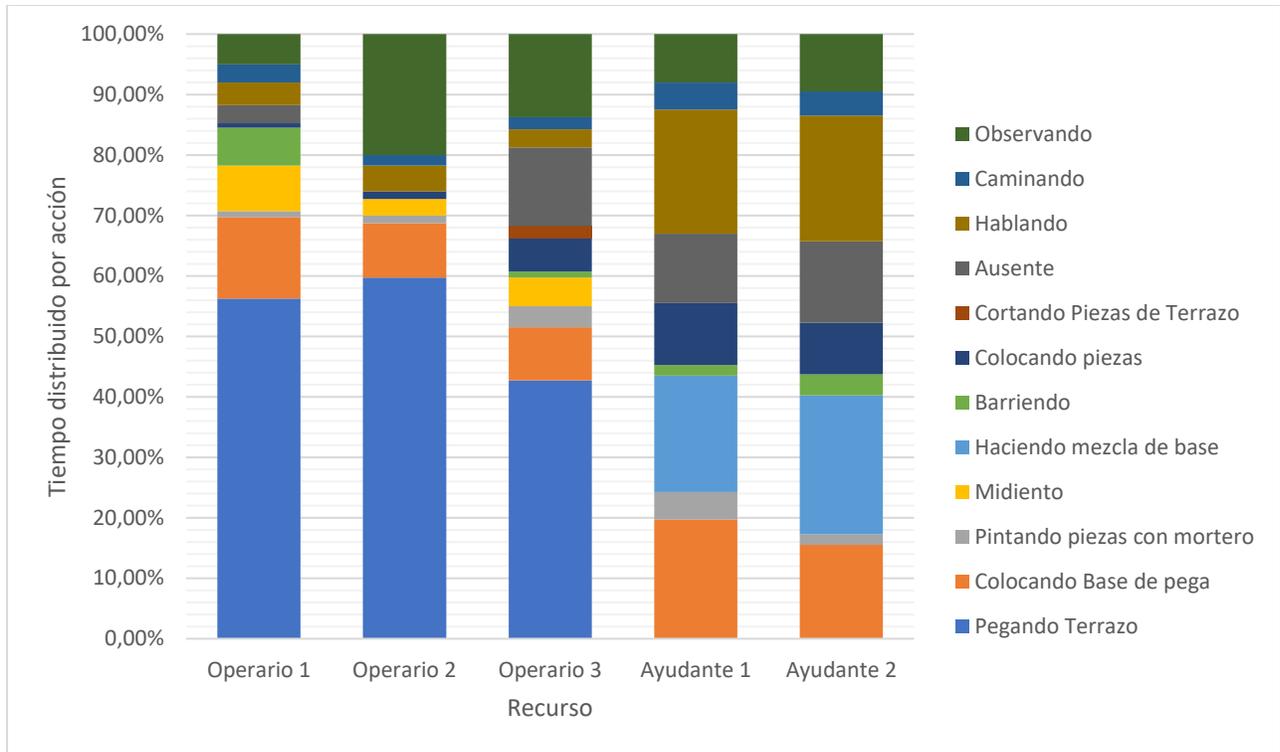


Figura 40. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°3

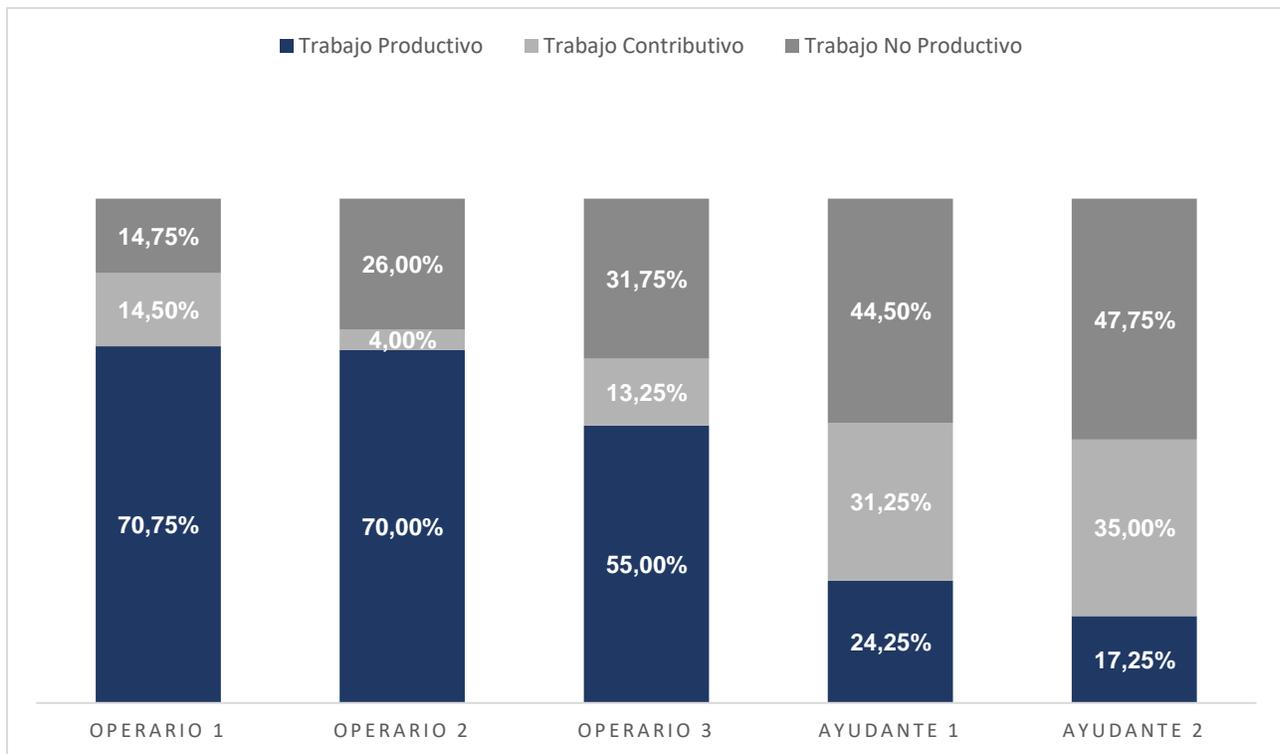


Figura 41. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°3

Medición N°4 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 23. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 3 operarios 2 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 24 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 24. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 72,75% | 63,25% | 59,25% | 0,00% | 0,00% |
| | Colocando Base de pega | 6,50% | 8,00% | 8,50% | 20,50% | 17,75% |
| | Pintando piezas con mortero | 0,00% | 0,00% | 2,75% | 3,25% | 10,00% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 1,75% | 4,00% | 4,50% | 2,00% | 0,00% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 0,25% | 0,00% | 42,25% | 18,00% |
| | Barriendo | 0,00% | 4,50% | 1,50% | 1,00% | 11,50% |
| | Colocando piezas | 0,00% | 0,00% | 2,25% | 9,75% | 31,00% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,50% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 0,00% | 0,75% | 1,00% | 3,75% | 1,25% |
| | Hablando | 3,75% | 6,50% | 0,75% | 6,75% | 3,25% |
| | Caminando | 4,50% | 3,00% | 4,50% | 4,25% | 5,75% |
| | Observando | 10,75% | 9,75% | 15,00% | 3,00% | 1,50% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 42 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 24, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 43 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

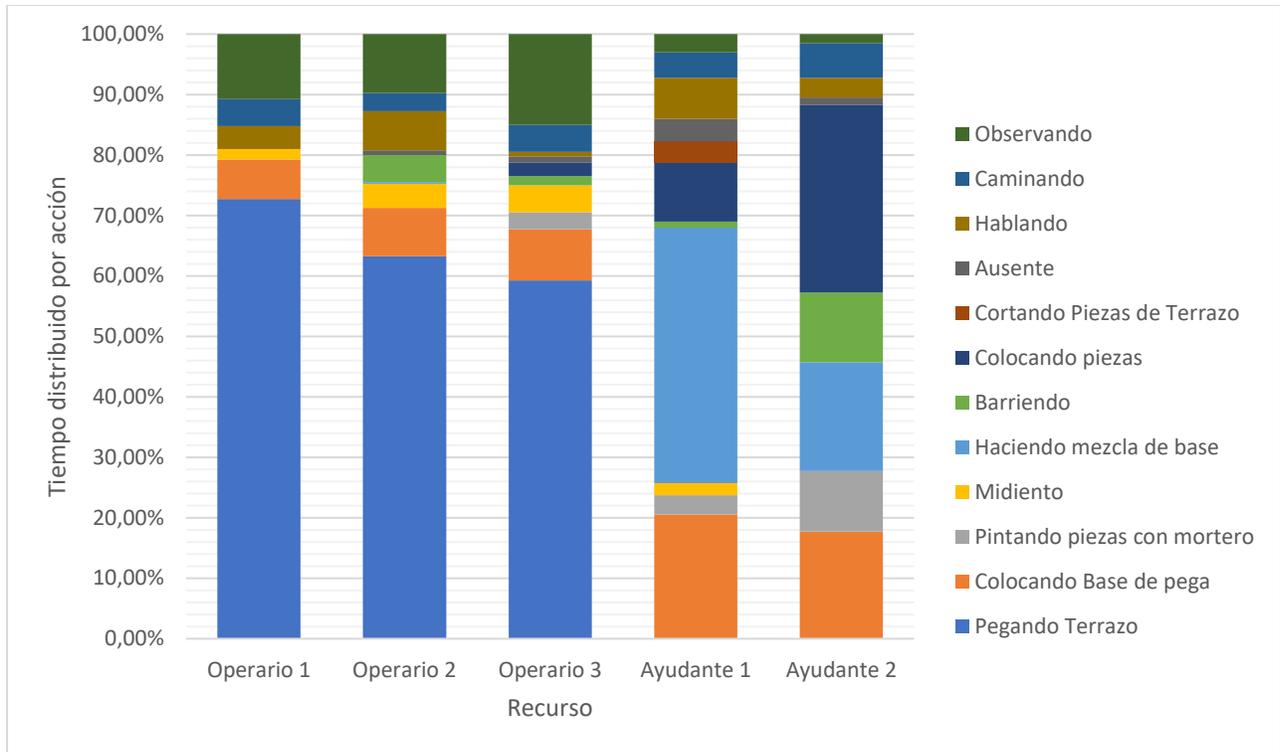


Figura 42. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°4

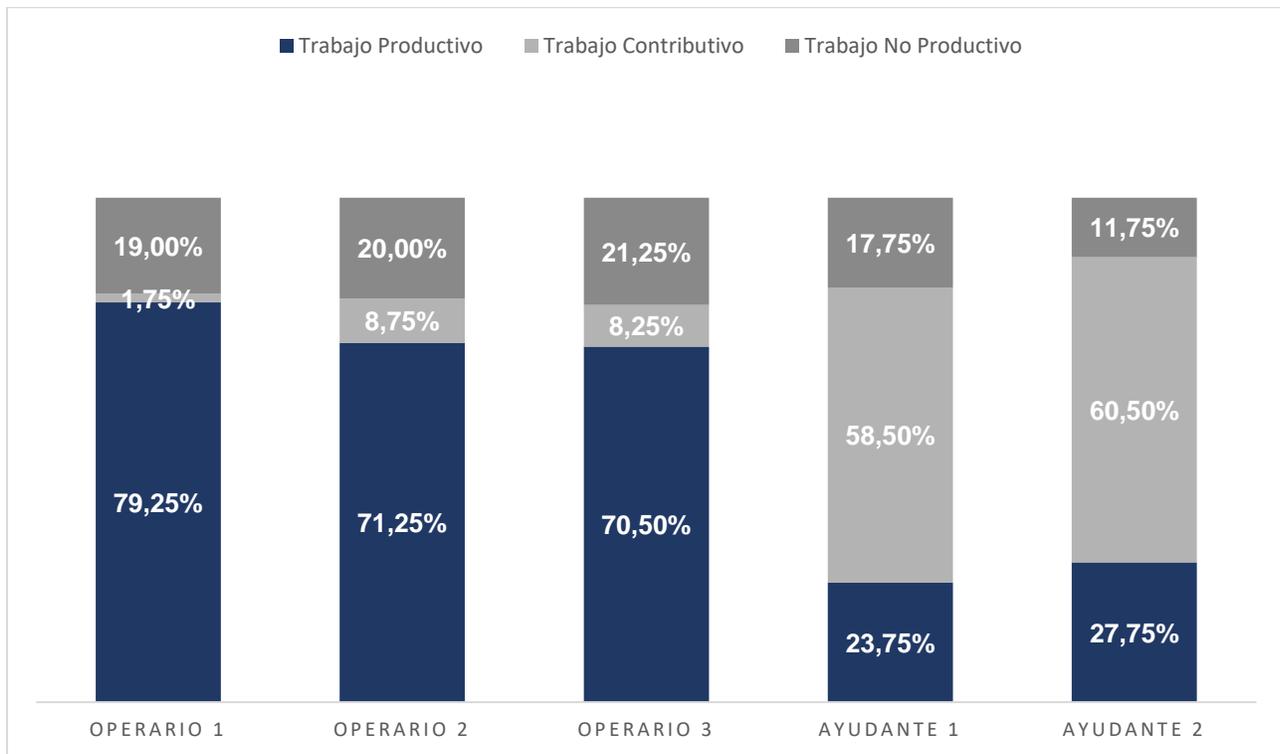


Figura 43. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°4

Medición N°5 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 25. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 2 operarios 2 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 26 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos

se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 26. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 72,75% | 72,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Colocando Base de pega | 8,50% | 10,25% | 16,50% | 3,75% |
| | Pintando piezas con mortero | 1,00% | 2,00% | 11,00% | 3,75% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 5,75% | 2,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 0,00% | 19,75% | 35,75% |
| | Barriendo | 0,00% | 0,00% | 4,00% | 11,00% |
| | Colocando piezas | 0,00% | 0,00% | 21,00% | 21,75% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 2,75% | 0,00% | 4,75% | 1,50% |
| | Hablando | 1,75% | 3,25% | 4,00% | 9,75% |
| | Caminando | 3,00% | 2,75% | 9,00% | 9,75% |
| | Observando | 4,50% | 6,75% | 10,00% | 3,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 44 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 26, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 45 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

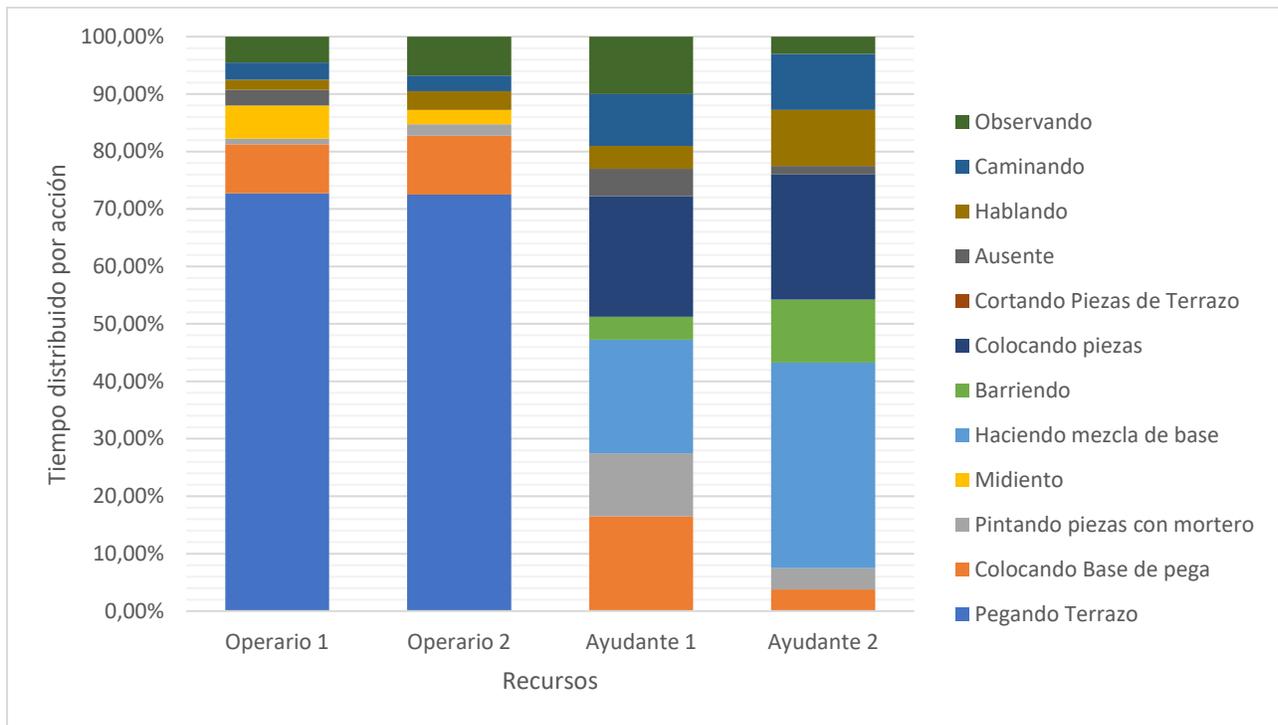


Figura 44. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°5

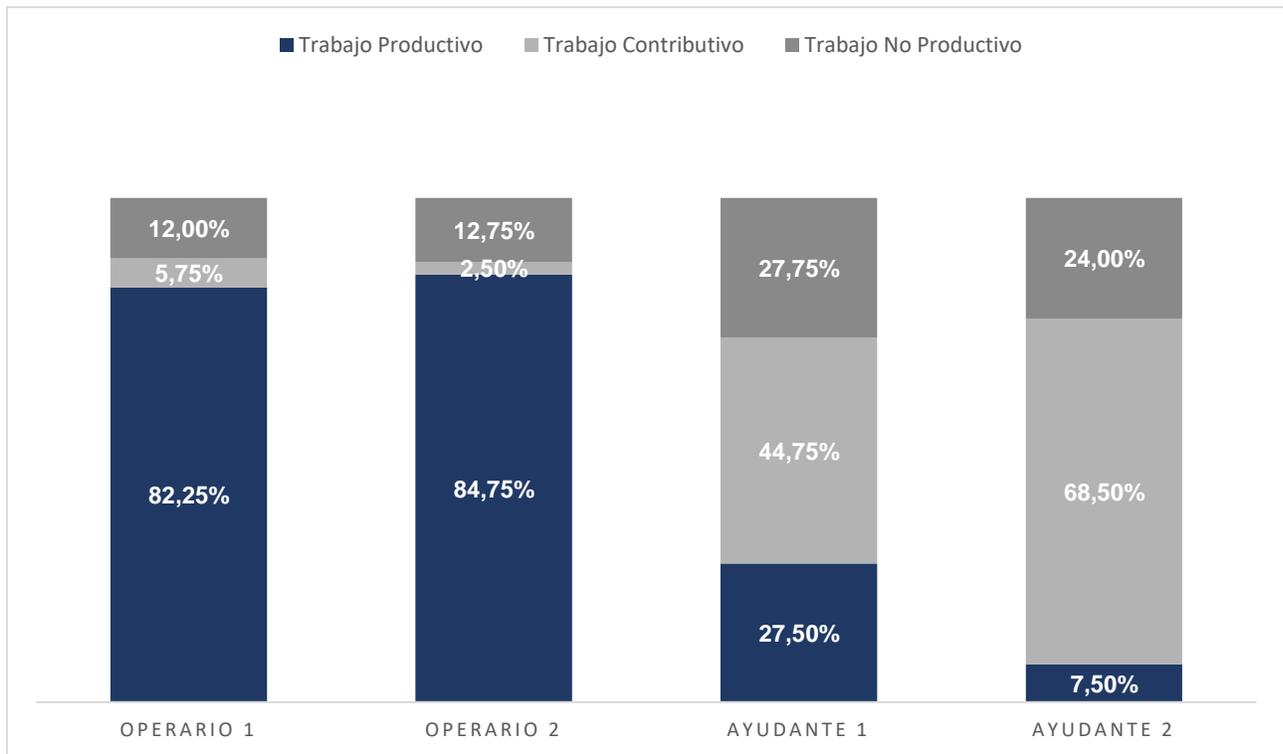


Figura 45. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°5

Medición N°6 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 27. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 3 operarios 2 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 28 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 28. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | | | |
|---|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 64,75% | 79,25% | 56,50% | 4,25% | 3,75% |
| | Colocando Base de pega | 7,50% | 6,25% | 6,50% | 10,50% | 10,50% |
| | Pintando piezas con mortero | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 16,25% | 13,50% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 6,75% | 2,75% | 3,50% | 1,75% | 4,75% |
| | Haciendo mezcla de base | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 10,00% | 13,75% |
| | Barriendo | 3,00% | 0,00% | 1,00% | 7,00% | 11,75% |
| | Colocando piezas | 0,25% | 0,00% | 1,75% | 30,25% | 15,50% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 12,75% | 0,00% | 1,75% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 2,50% | 0,00% | 3,25% | 4,00% | 4,25% |
| | Hablando | 4,00% | 3,25% | 2,50% | 5,50% | 4,75% |
| | Caminando | 6,25% | 3,00% | 3,75% | 8,75% | 9,75% |
| | Observando | 5,00% | 5,50% | 8,50% | 1,75% | 6,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 46 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 28, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 47 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

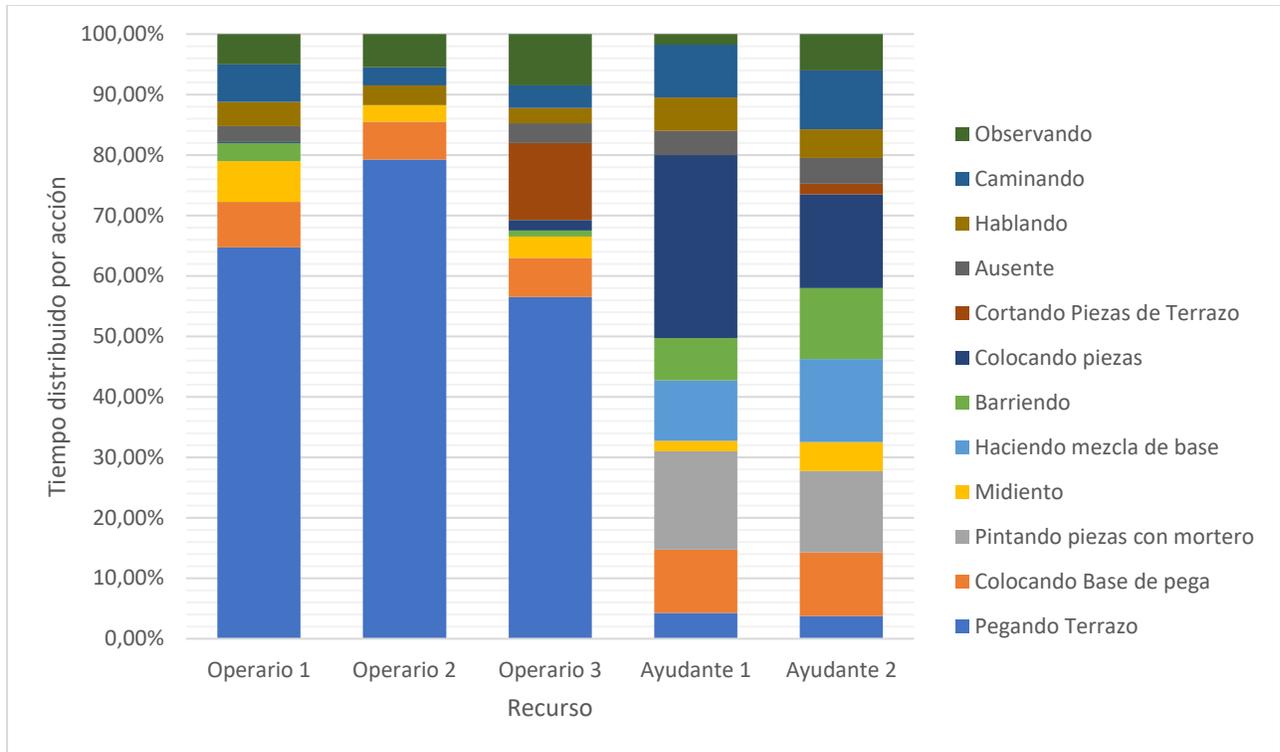


Figura 46. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°6

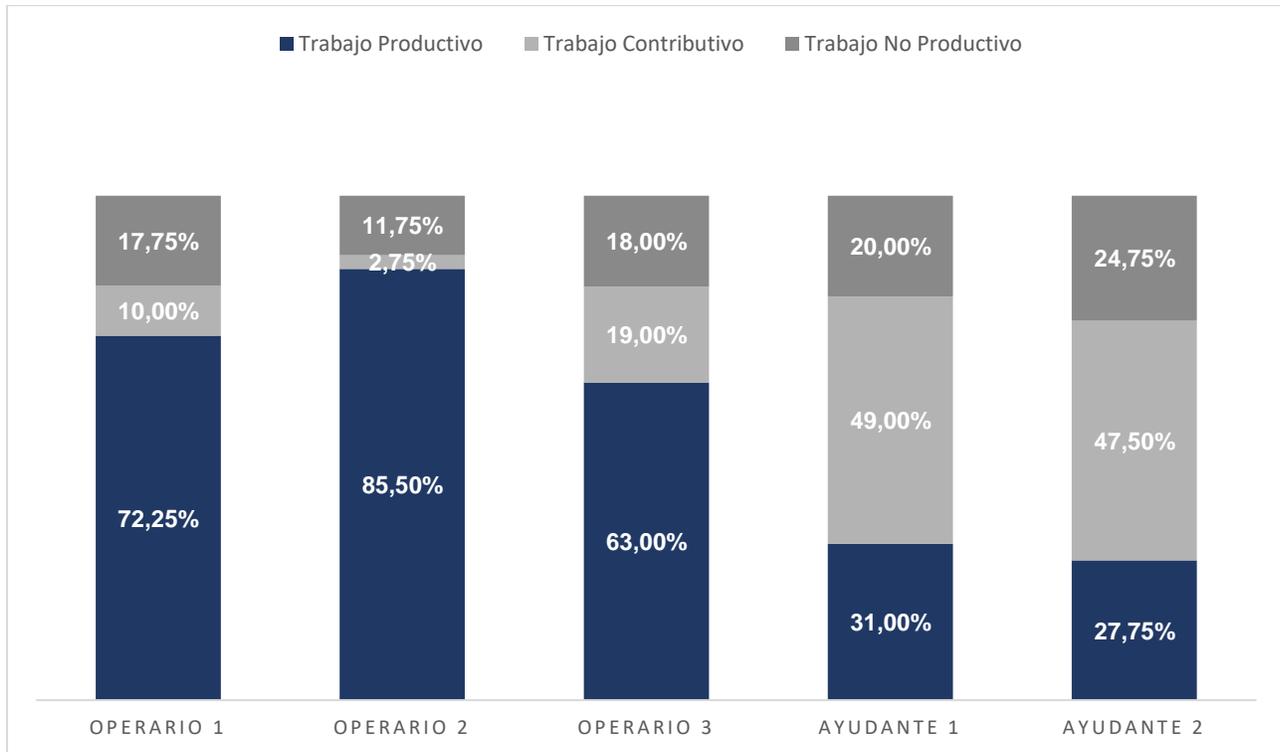


Figura 47. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°6

Medición N°7 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 29. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE PEGA DE TERRAZO | | | |
|---|---------------------------|--|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Pegando Terrazo Haciendo mortero de pega Cortando piezas Pintando piezas (Pasta de cemento) Colocando piezas Barriendo | 2 operarios 2 ayudante | Agua Piezas de Terrazo Arena Cemento Hidráulico | Carretillo Pala Mazo de hule Esmeril Escoba Cuerda Cinta métrica |

En el cuadro 30 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 30. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE PEGA DE TERRAZO | | | | | |
|---|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Pegando Terrazo | 58,00% | 75,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Colocando Base de pega | 6,25% | 7,50% | 15,00% | 9,00% |
| | Pintando piezas con mortero | 0,00% | 0,00% | 14,50% | 6,00% |
| Trabajo Contributivo | Midiendo | 4,25% | 0,50% | 2,00% | 3,25% |
| | Haciendo mezcla de base | 1,00% | 0,00% | 13,25% | 10,50% |
| | Barriendo | 6,00% | 0,00% | 5,25% | 15,00% |
| | Colocando piezas | 0,00% | 0,00% | 13,00% | 10,50% |
| | Cortando Piezas de Terrazo | 0,00% | 0,00% | 2,75% | 6,75% |
| Trabajo No Contributivo | Ausente | 3,00% | 0,00% | 0,00% | 1,00% |
| | Hablando | 9,25% | 4,25% | 8,75% | 17,25% |
| | Caminando | 5,75% | 3,50% | 11,75% | 9,75% |
| | Observando | 6,50% | 9,25% | 13,75% | 11,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 48 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 30, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 49 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

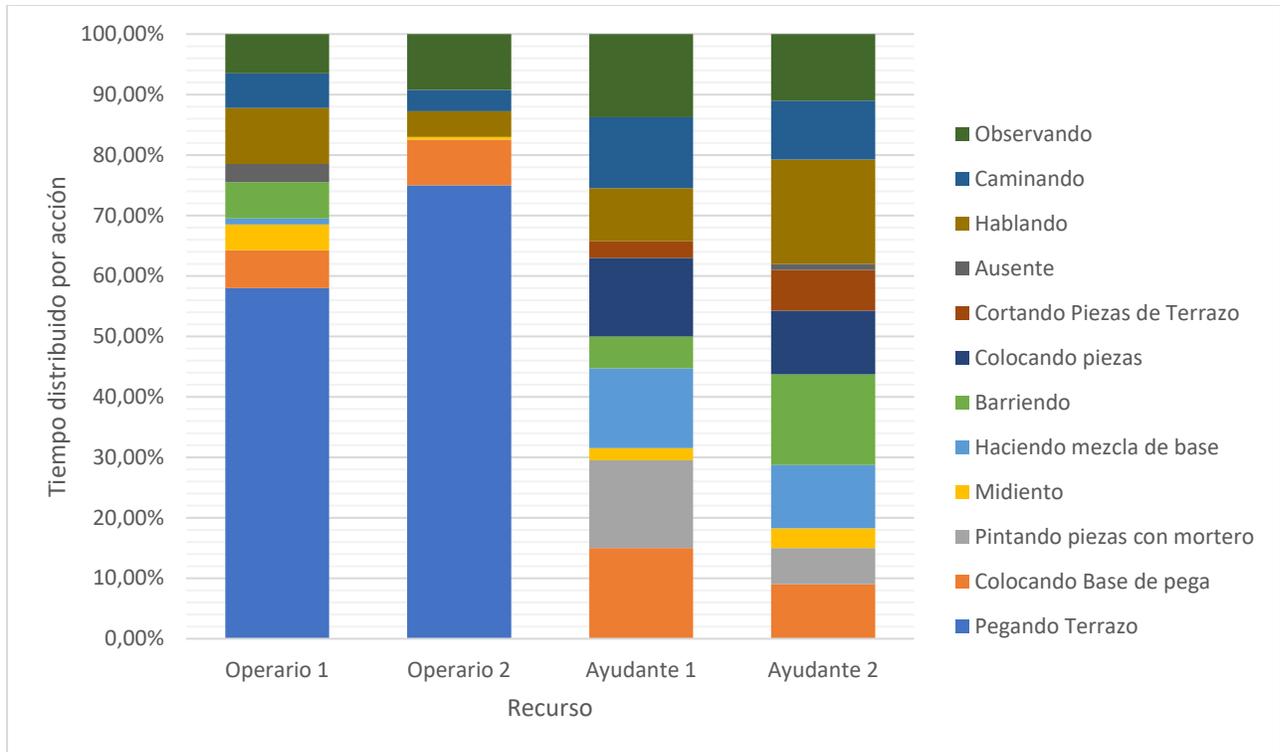


Figura 48. Crew Balance en la actividad de Pega de Terrazo para la medición N°7

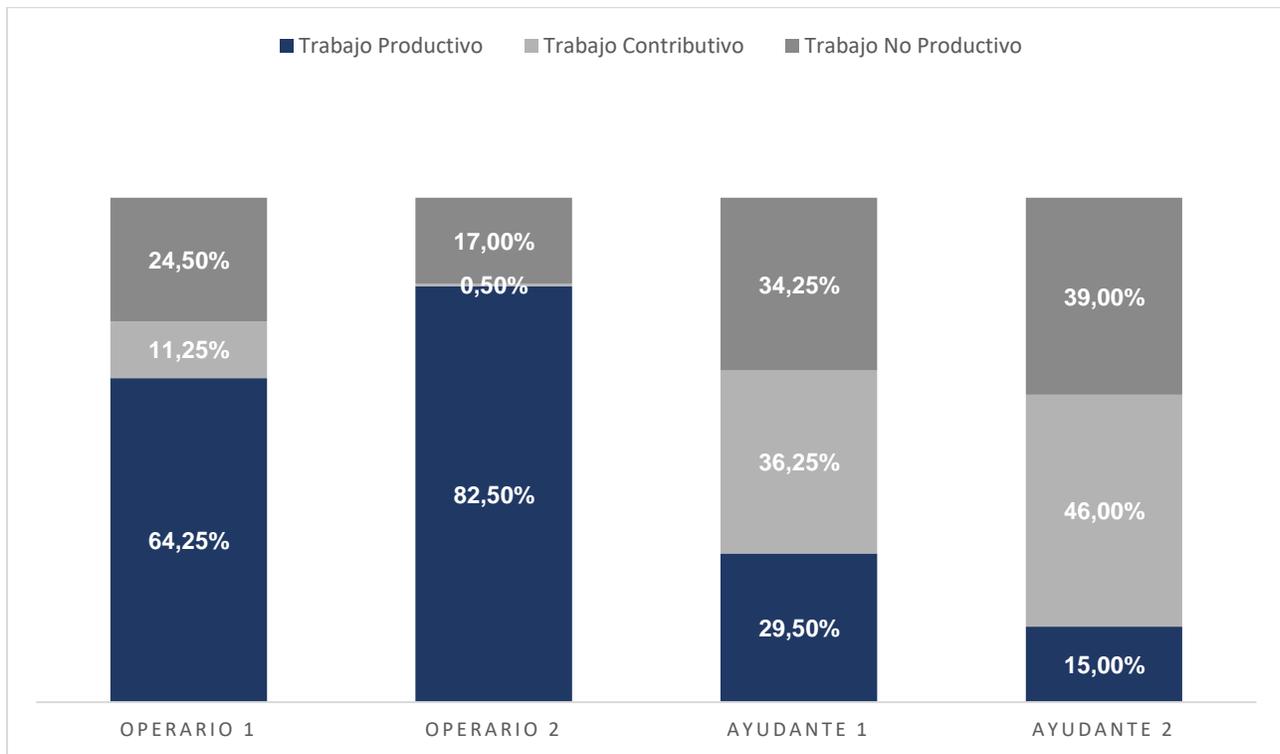


Figura 49. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°7

Rendimiento de la Actividad de Pega de Terrazo

A partir de las fórmulas detalladas en el marco teórico se procede a calcular el rendimiento de la actividad de pega de terrazo para esta se definió un factor de incremento que se calcula como muestra el cuadro 31 y la ecuación (5), a partir del valor promedio de los rendimientos de las 7 mediciones se hace el cálculo de la desviación estándar y el coeficiente de variación para dar un valor con margen de exactitud, el valor del rendimiento esta dado en horas hombre por área donde se instaló el terrazo, para la toma de tiempos se realizaron vídeos y en el cuadro 32 se

muestra el desglose de estos así como la mano de obra y cálculos para obtener el valor global de rendimiento de la actividad.

$$F.I = \frac{t.c \times 100}{h.d - t.c} \times 100$$

Dónde:

- T.C: es el tiempo invertido en otras actividades.
- H.D: es el número de horas laboradas (10 hrs)

| CUADRO 31. CÁLCULO DEL FACTOR DE INCREMENTO | |
|--|-----------------|
| Actividad | Tiempo (h) |
| Café (Mañana) | 00:15 |
| Almuerzo | 00:45 |
| Servicio Sanitario | 00:15 |
| Otros | 00:10 |
| T.C | 01:25:00 |
| F. I | 14,29% |

| CUADRO 32. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO EN HORAS HOMBRE PARA LA ACTIVIDAD DE PEGA DE TERRAZO (30CMX30CM) | | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| Nº Medición | Tiempo de medición (h) | Tiempo Neto (h) | Personas por tarea | Horas/Hombre (H/H) | Trabajo (m²) | Rendimiento (HH/m²) |
| 1 | 01:05:20 | 1,089 | 3 | 3,267 | 10,800 | 0,302 |
| 2 | 01:02:45 | 1,046 | 3 | 3,138 | 14,670 | 0,214 |
| 3 | 01:06:00 | 1,100 | 5 | 5,500 | 24,750 | 0,222 |
| 4 | 01:01:15 | 1,021 | 5 | 5,104 | 19,440 | 0,263 |
| 5 | 01:11:22 | 1,189 | 4 | 4,758 | 19,800 | 0,240 |
| 6 | 01:05:50 | 1,097 | 5 | 5,486 | 18,900 | 0,290 |
| 7 | 01:01:35 | 1,026 | 4 | 4,106 | 16,200 | 0,253 |
| Promedio de Rendimiento | | | | | | 0,255 |
| Desviación Estándar | | | | | | 0,033 |
| Coeficiente de Variación | | | | | | 0,129 |
| Factor de incremento | | | | | | 0,143 |
| Rendimiento Global de Actividad | | | | | | 0,291 |

Proceso 3. Colado de Contra-piso

Los muestreos de esta actividad al igual que los demás fueron captados en video, se realizó un total de 7 mediciones en las cuales se tomó observaciones de cuadrillas dedicadas a la colocación y afinado de concreto, durante esta etapa se recopiló un total de 14.800 observaciones ya que se dio seguimiento a cada trabajador hasta alcanzar un total de 400 mediciones, con la intención de generar datos más exactos, durante el desarrollo del proyecto se pudo medir el desempeño de las cuadrillas usando varios métodos entre ellos colada por descarga directa, mediante bomba telescópica y bomba estacionaria.

A continuación, se muestra los datos tabulados que representan las mediciones llevadas en campo, además se muestra un cuadro de materiales y herramientas por medición para dar una idea del procedimiento que se siguió, para esto también se adjunta un diagrama flujo general de la actividad, así como datos en forma gráfica que permiten clasificar el trabajo de los miembros de cuadrillas según su grado productivo.

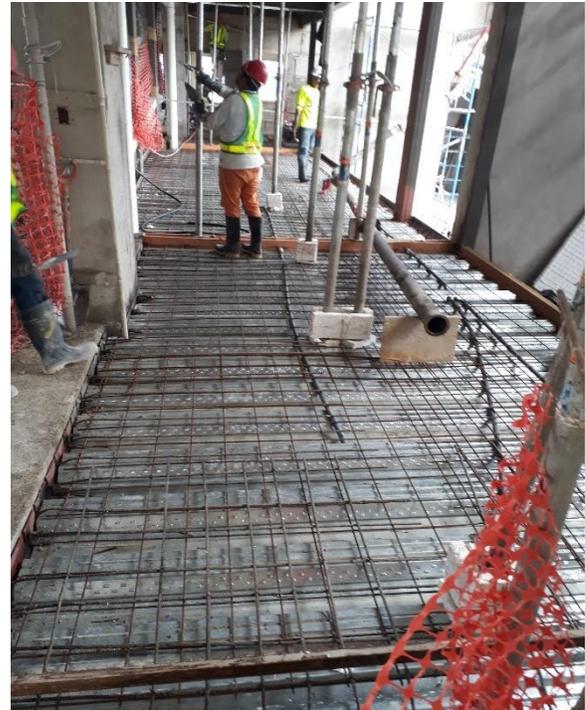


Figura 51. Colado usando Bomba telescópica



Figura 50. Colado usando Bomba estacionaria



Figura 52. Colado mediante descarga directa de pipa

Diagrama de flujo Proceso Colado de contra-piso

En la figura 53 se muestra el diagrama de flujo de la actividad de colado de contra-piso, procedimiento general de la actividad mediante el

uso de bomba estacionaria ya que fue usada en mayor medida y los materiales para desarrollarla.

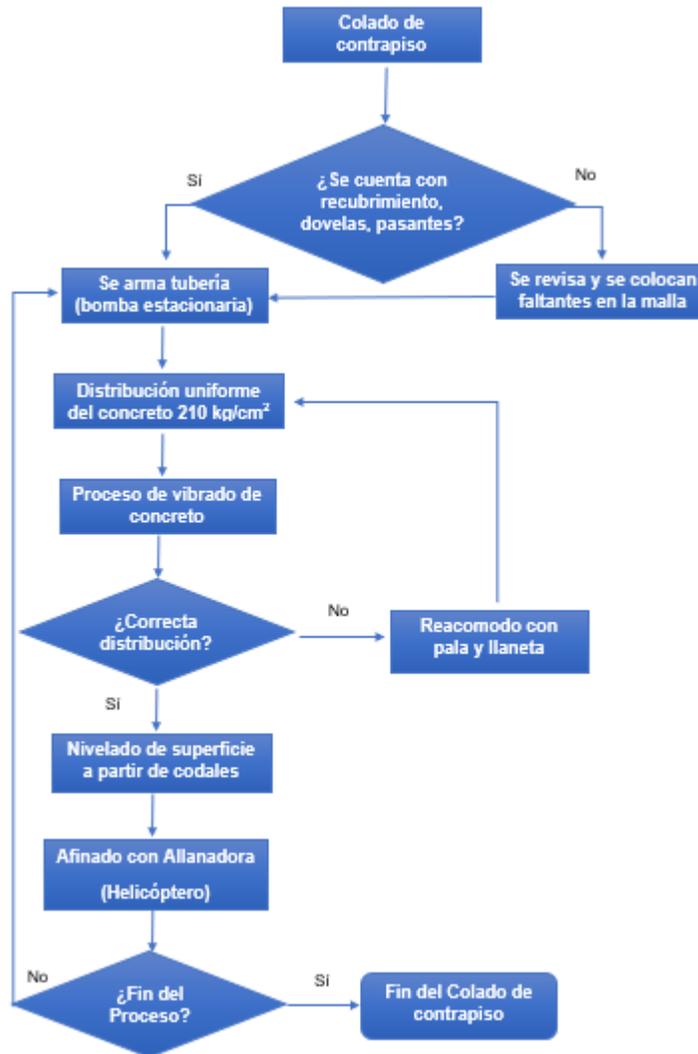


Figura 53. Diagrama de flujo de la actividad de colado de contra-pisos

Medición N°1 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 33. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 3 operarios 2 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Estacionaria |

En el cuadro 34 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 34. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISO | | | | | | |
|---|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 | Ayudante 2 | Operario 3 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 33,50% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Vibrando | 0,00% | 0,00% | 30,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Paleando | 0,00% | 25,75% | 10,00% | 14,75% | 48,50% |
| | Codaleando | 0,00% | 39,75% | 0,00% | 1,75% | 14,25% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 9,00% | 0,00% | 0,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Sujetando vibrador | 0,00% | 0,00% | 39,50% | 23,50% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para colocar | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 29,50% | 0,00% |
| | Esperando para vibrar | 30,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Hablando | 13,00% | 2,50% | 8,50% | 6,75% | 3,75% |
| | Caminando | 5,50% | 8,25% | 3,00% | 3,50% | 2,00% |
| | Observando | 8,25% | 23,75% | 7,75% | 20,25% | 31,50% |
| Porcentaje Total | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

En la Figura 54 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 34, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 55 se observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la

culminación del proceso que se le da seguimiento.

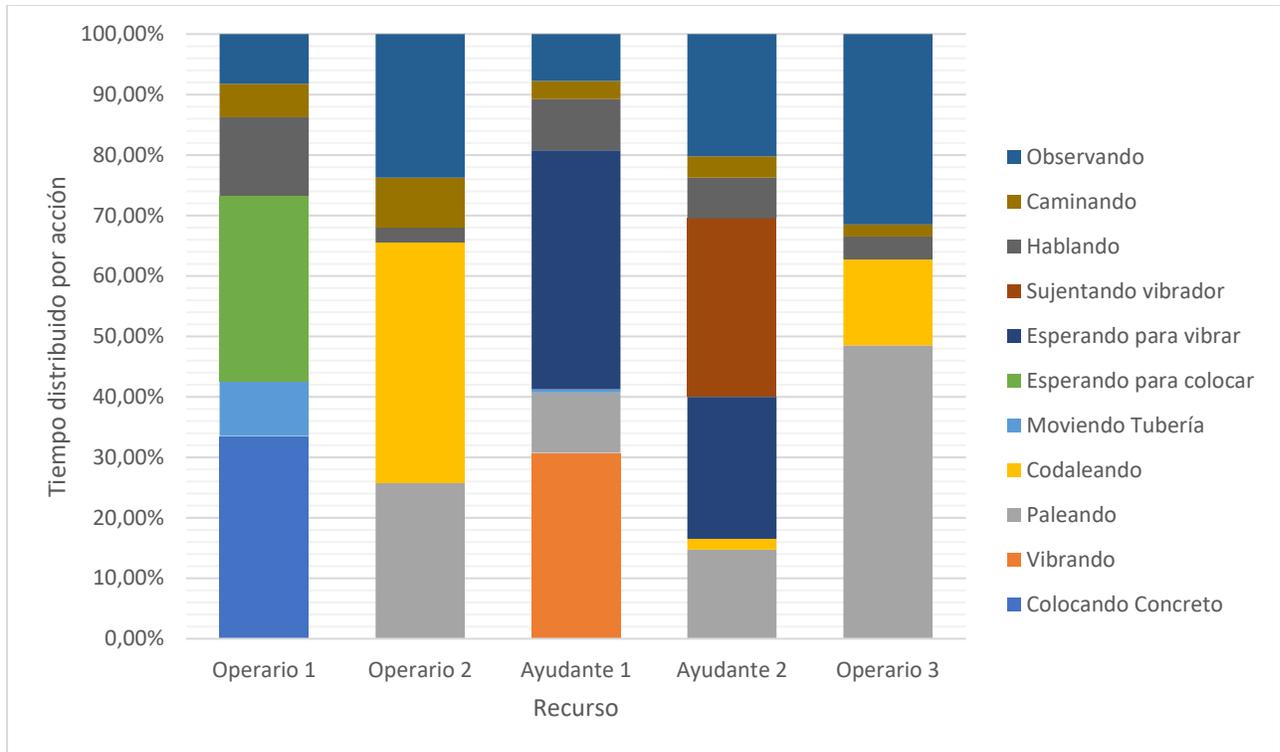


Figura 54. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°1

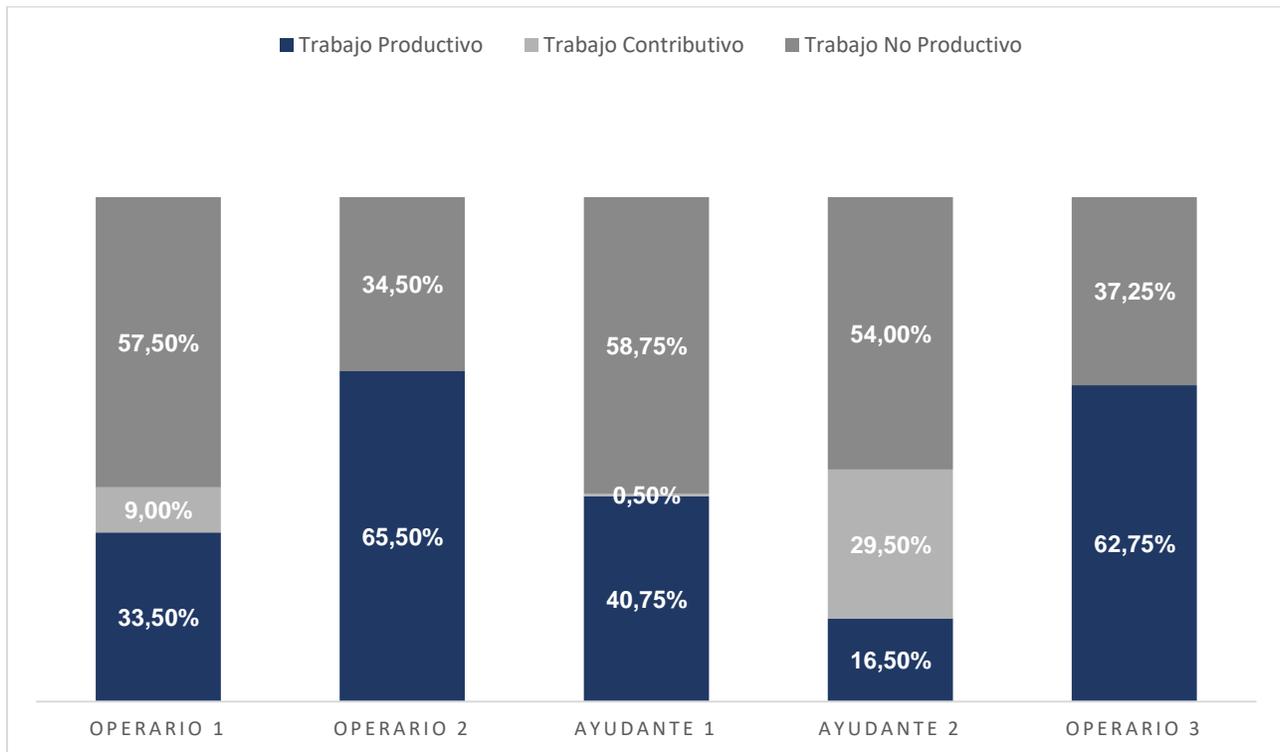


Figura 55. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°1

Medición N°2 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 35. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 3 operarios 2 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Estacionaria |

En el cuadro 36 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 36. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISO | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Ayudante 1 | Ayudante 2 | Operario 3 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 24,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Vibrando | 0,00% | 0,00% | 26,00% | 2,50% | 0,00% |
| | Paleando | 0,00% | 36,75% | 0,00% | 4,25% | 45,25% |
| | Codaleando | 0,00% | 34,00% | 0,00% | 0,00% | 33,25% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 13,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Sujetando vibrador | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 21,25% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para colocar | 37,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Esperando para vibrar | 0,00% | 0,00% | 31,50% | 33,75% | 0,00% |
| | Hablando | 14,50% | 2,00% | 16,50% | 15,50% | 2,25% |
| | Caminando | 9,00% | 7,50% | 13,00% | 10,50% | 3,25% |
| | Observando | 1,00% | 19,75% | 13,00% | 12,25% | 16,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 56 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 36, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 57 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

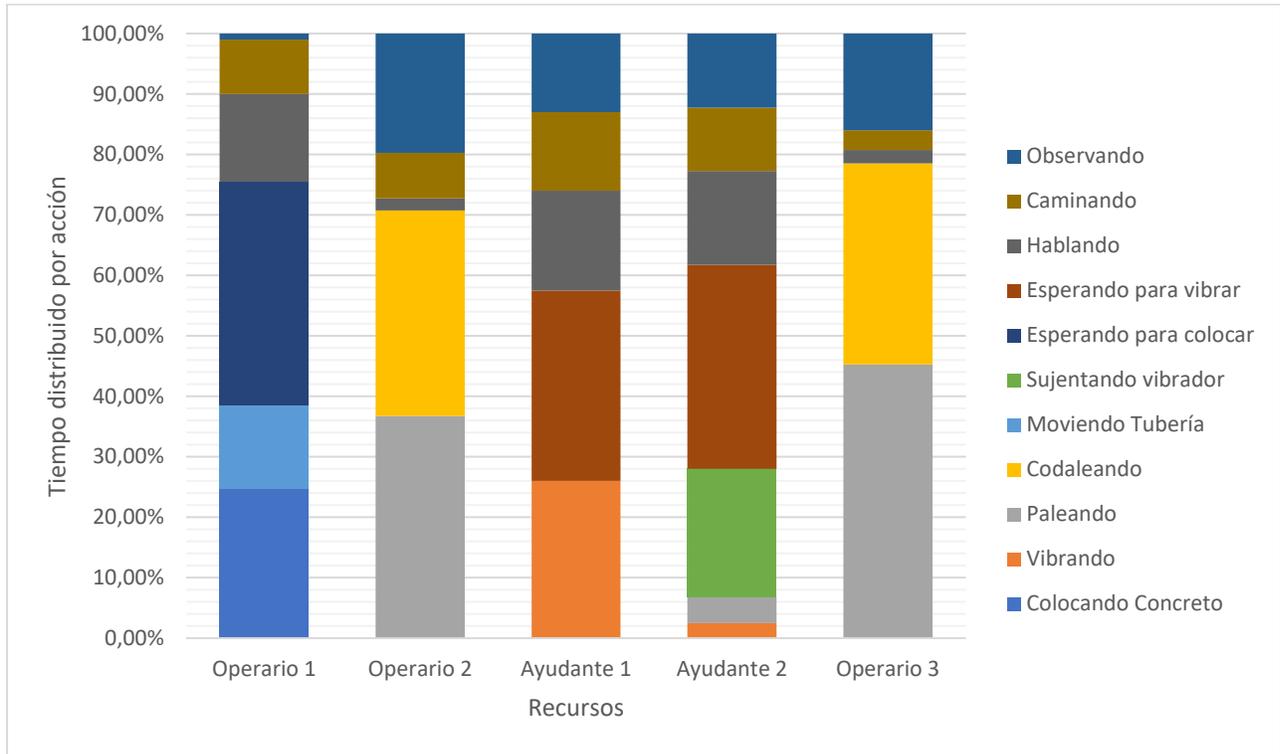


Figura 56. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°2

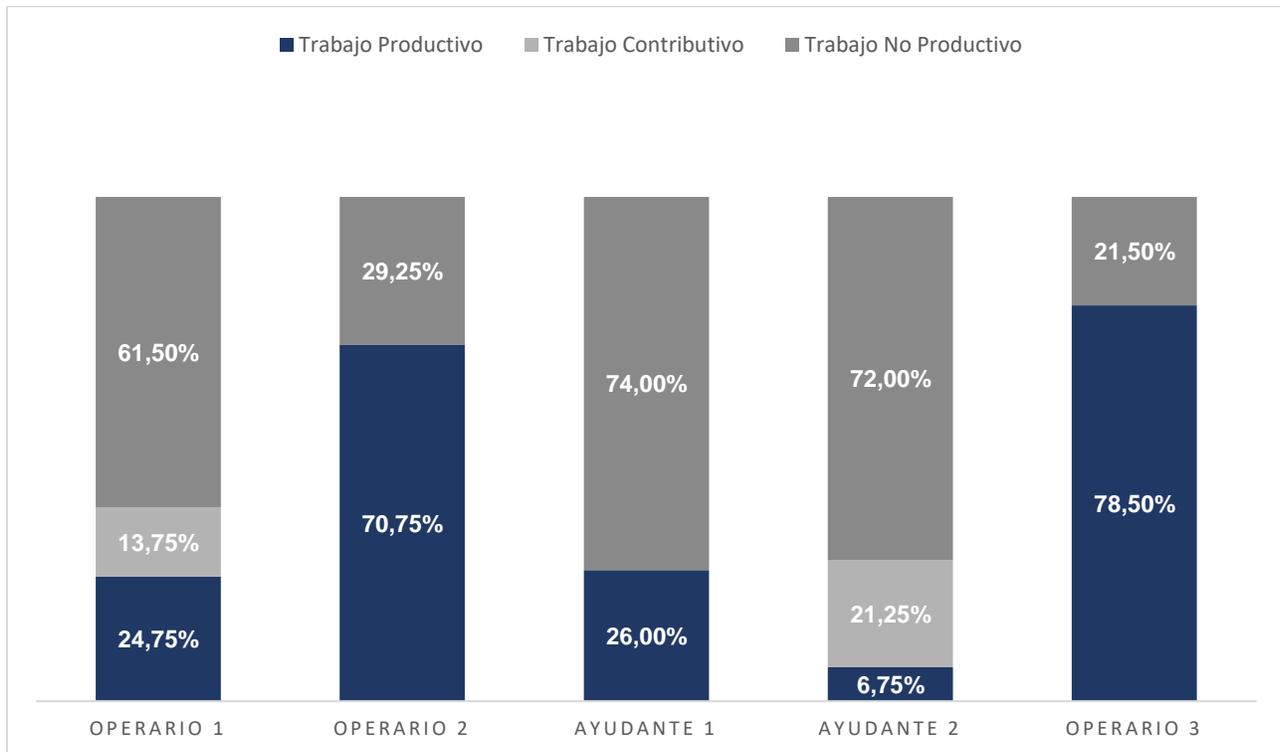


Figura 57. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°2

Medición N°3 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 37. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 3 operarios 2 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Estacionaria |

En el cuadro 38 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 38. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISO | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Ayudante 1 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 0,00% | 0,00% | 29,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Vibrando | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 43,25% | 0,00% |
| | Paleando | 45,75% | 21,50% | 23,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Codaleando | 40,00% | 62,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 0,00% | 0,00% | 12,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Sujetando vibrador | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 39,75% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para colocar | 0,00% | 0,00% | 23,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Esperando para vibrar | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 43,25% | 40,00% |
| | Hablando | 1,75% | 0,00% | 2,50% | 8,00% | 8,50% |
| | Caminando | 5,25% | 4,50% | 2,75% | 2,50% | 3,25% |
| | Observando | 7,25% | 12,00% | 6,00% | 3,00% | 8,50% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 58 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 38, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 59 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

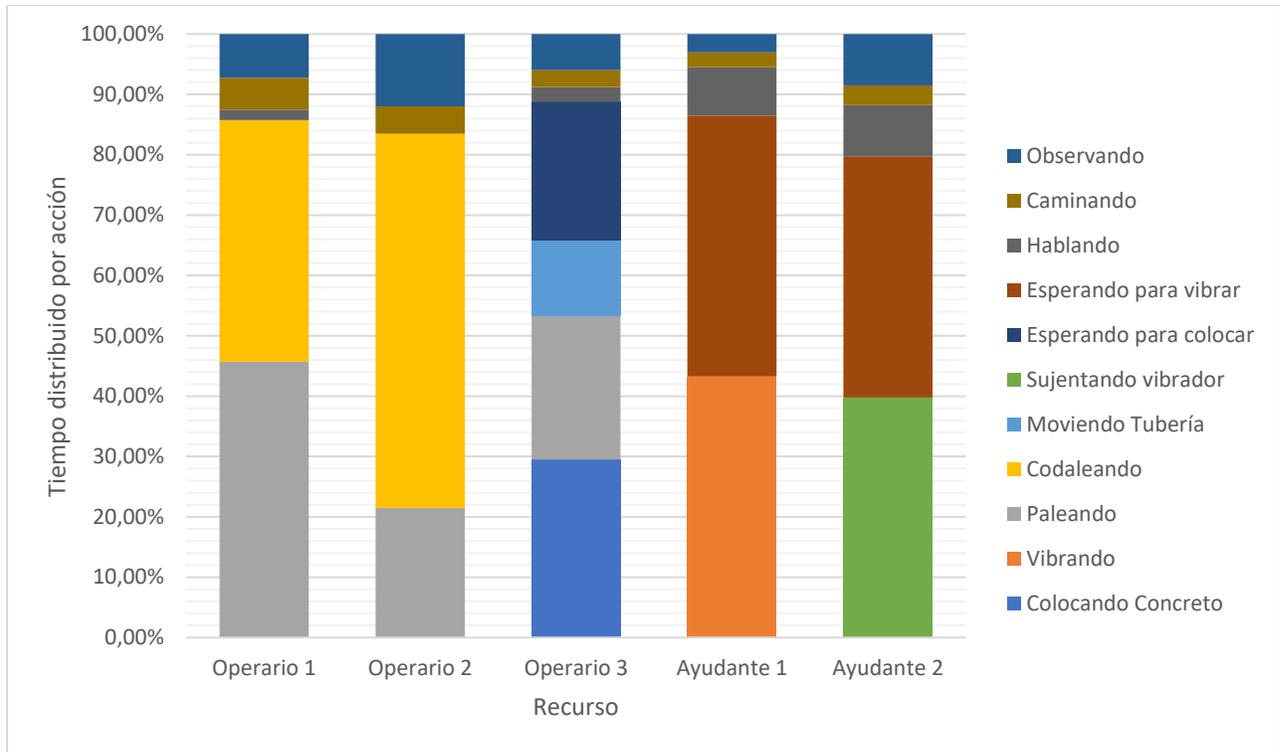


Figura 58. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°3

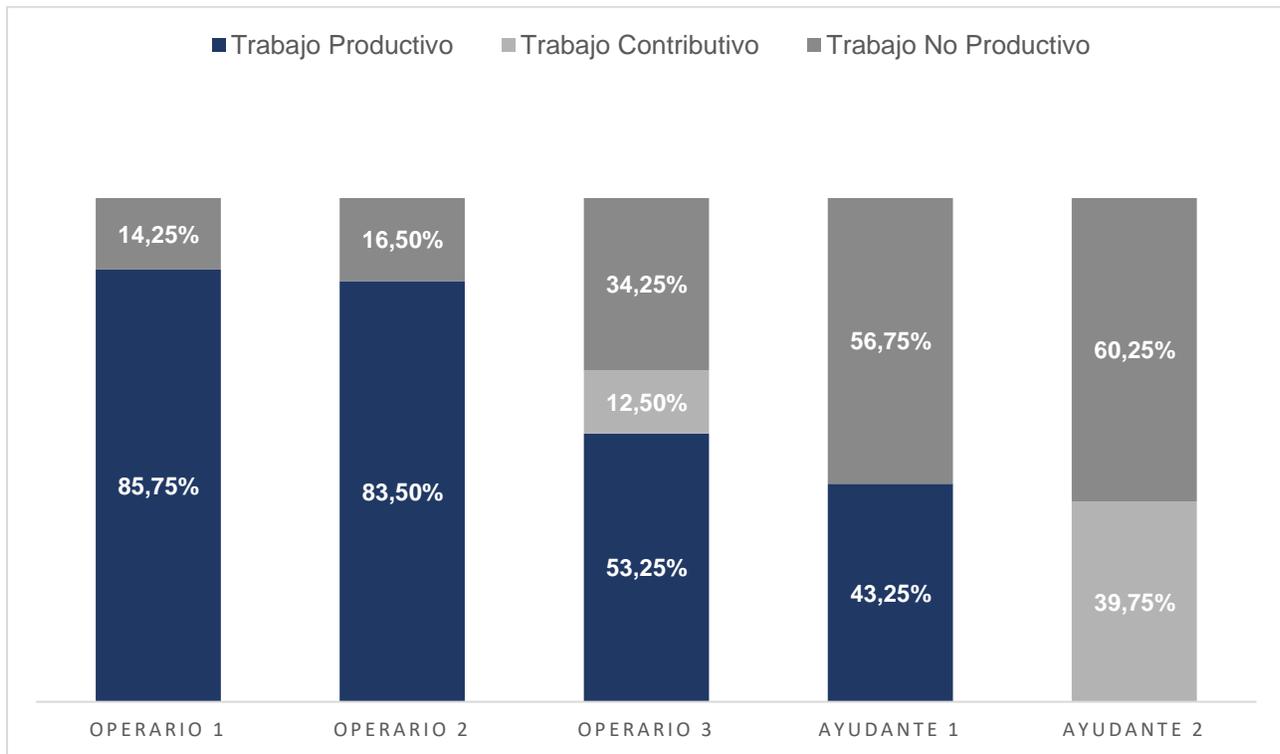


Figura 59. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°3

Medición N°4 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 39. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|---|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando | 3 operarios 2 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Descarga de Tolva |

En el cuadro 40 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 40. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | | | | |
|--|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 | Ayudante 1 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 0,00% | 0,00% | 0,75% | 41,75% | 0,00% |
| | Vibrando | 38,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Paleando | 34,00% | 73,75% | 1,75% | 21,00% | 0,25% |
| | Codaleno | 0,00% | 0,75% | 80,00% | 2,75% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Sujetando Vibrador | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 72,50% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Hablando | 2,00% | 1,75% | 0,00% | 0,75% | 2,25% |
| | Caminando | 8,25% | 3,75% | 4,75% | 2,25% | 2,25% |
| | Observando | 10,50% | 20,00% | 12,75% | 31,50% | 22,75% |
| | Esperando para vibrar | 7,25% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 60 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 40, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 61 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

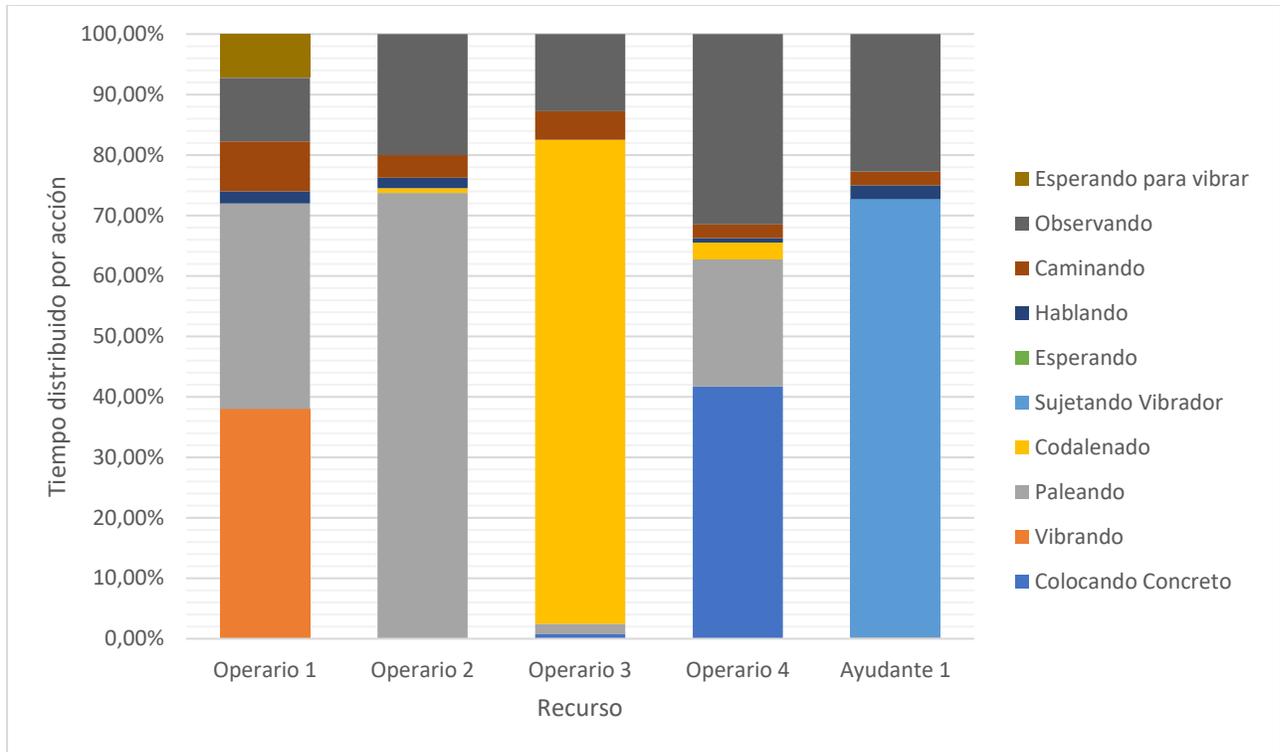


Figura 60. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°4

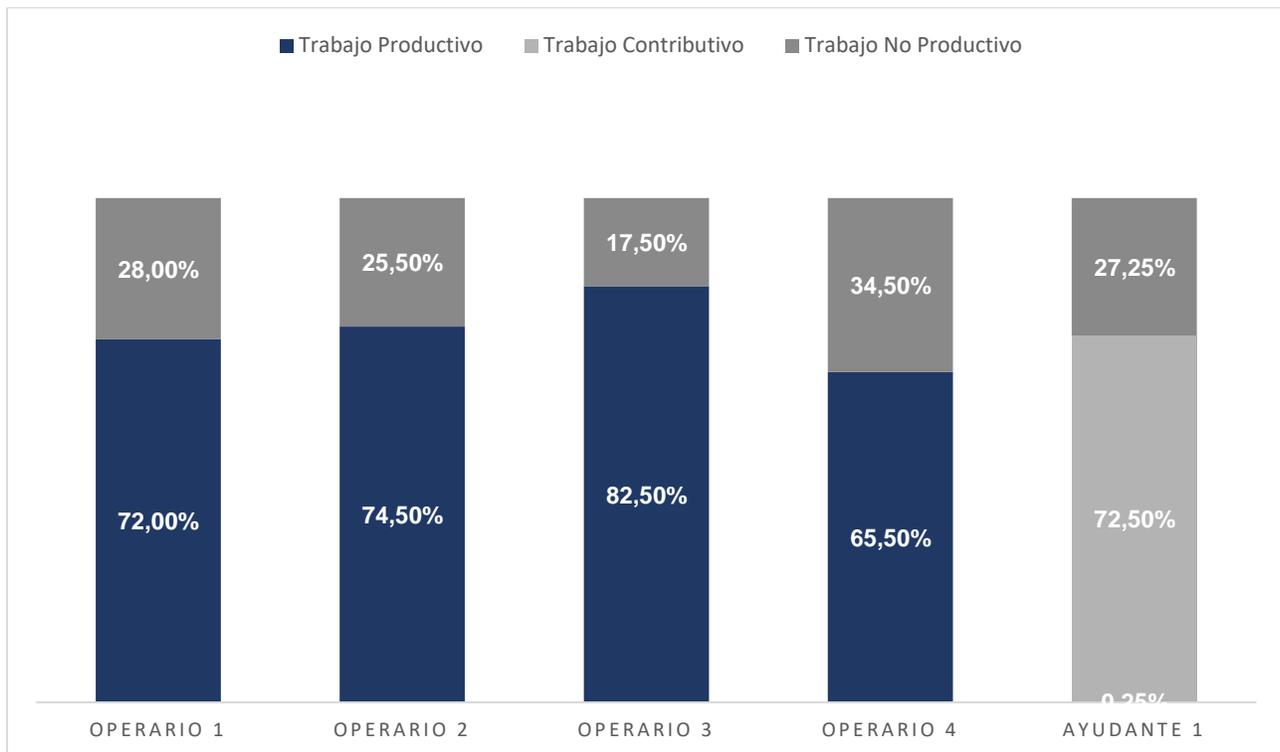


Figura 61. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°4

Medición N°5 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 41. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|---|---------------------------|----------------------|---|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 4 operarios 1 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Telescópica |

En el cuadro 42 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 42. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO | | | | | | |
|---|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Operario 1 | Ayudante 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 0,00% | 40,25% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Vibrando | 0,75% | 0,00% | 30,50% | 0,00% | 0,00% |
| | Paleando | 8,25% | 0,00% | 38,25% | 5,50% | 67,50% |
| | Codaleando | 67,75% | 0,00% | 0,00% | 72,50% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 1,50% | 15,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Sujetando vibrador | 0,00% | 0,00% | 1,00% | 7,25% | 13,25% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para colocar | 0,25% | 32,00% | 0,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Esperando para vibrar | 0,00% | 0,00% | 4,75% | 0,00% | 0,00% |
| | Hablando | 2,00% | 3,25% | 7,00% | 2,00% | 1,75% |
| | Caminando | 4,00% | 0,75% | 2,75% | 3,75% | 4,50% |
| | Observando | 15,50% | 8,75% | 15,00% | 9,00% | 13,00% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 62 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 42, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 63 se observa la distribución de las tres tipologías de

trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

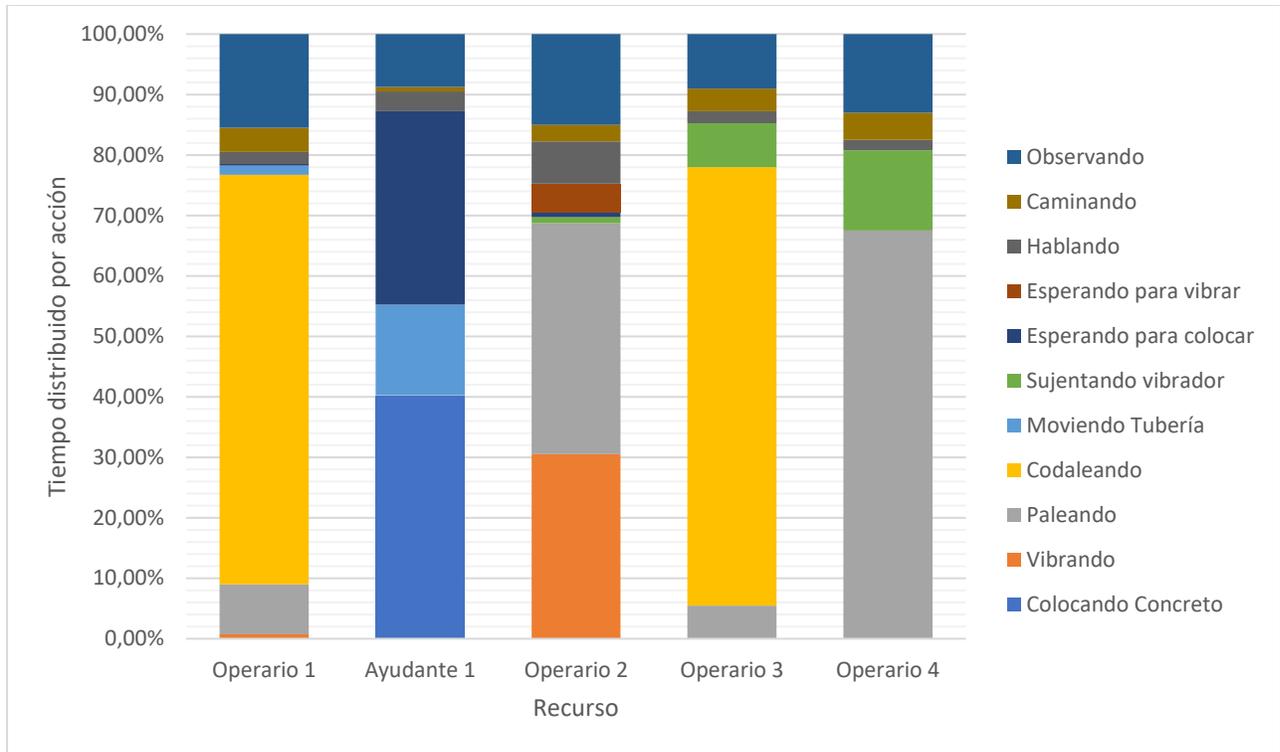


Figura 62. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°5

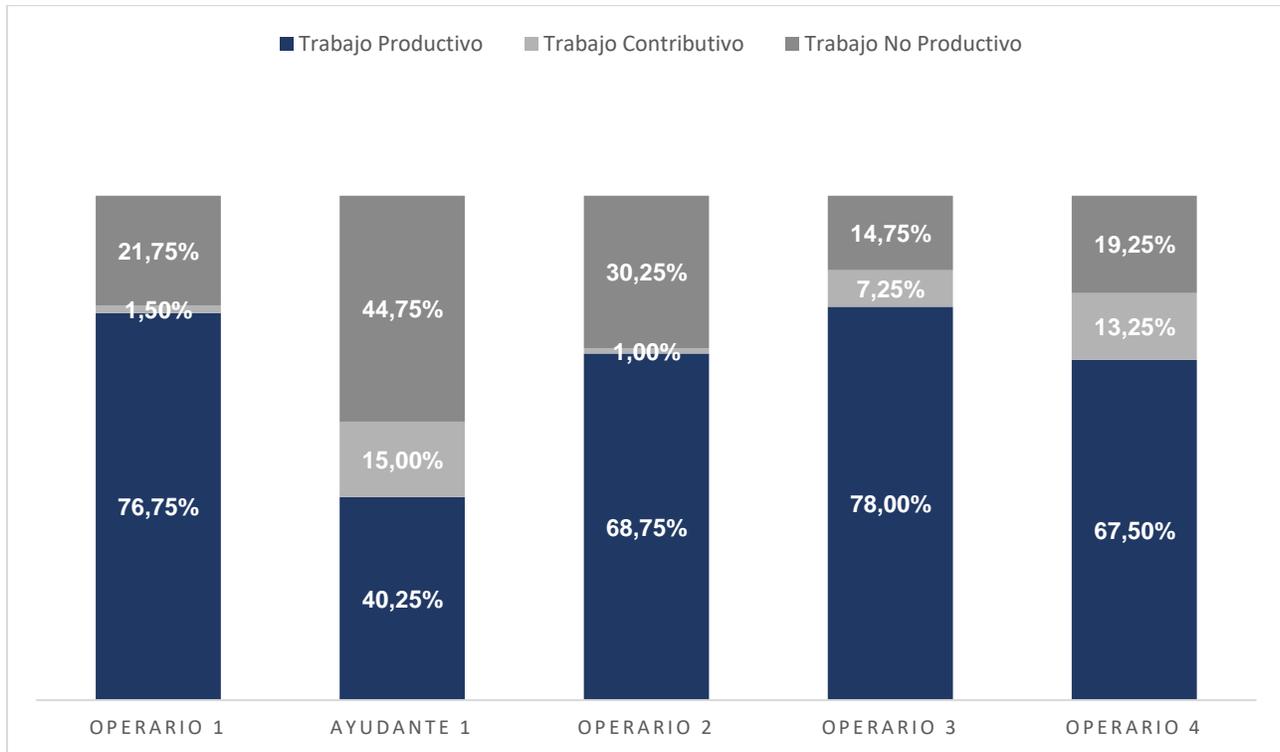


Figura 63. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°5

Medición N°6 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 43. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 4 operarios 2 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Estacionaria |

En el cuadro 43 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 44. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISO | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Ayudante 1 | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 | Ayudante 2 |
| Trabajo Productivo | Colocando concreto | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 25,25% |
| | Vibrando | 0,00% | 0,00% | 20,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Paleando | 2,00% | 71,25% | 54,75% | 18,25% | 63,25% | 0,00% |
| | Codaleando | 5,25% | 0,00% | 0,00% | 54,50% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 52,50% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 17,25% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para vibrar | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Esperando para colocar | 3,75% | 1,25% | 0,00% | 0,00% | 1,50% | 29,00% |
| | Hablando | 0,00% | 7,25% | 3,25% | 4,75% | 4,75% | 11,75% |
| | Caminando | 9,50% | 5,75% | 2,75% | 4,00% | 3,00% | 2,50% |
| | Observando | 27,00% | 14,50% | 18,50% | 18,50% | 27,50% | 14,25% |
| Porcentaje Total | | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

En la Figura 64 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 44, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas actividades. Mientras que en la Figura 65 se

observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento.

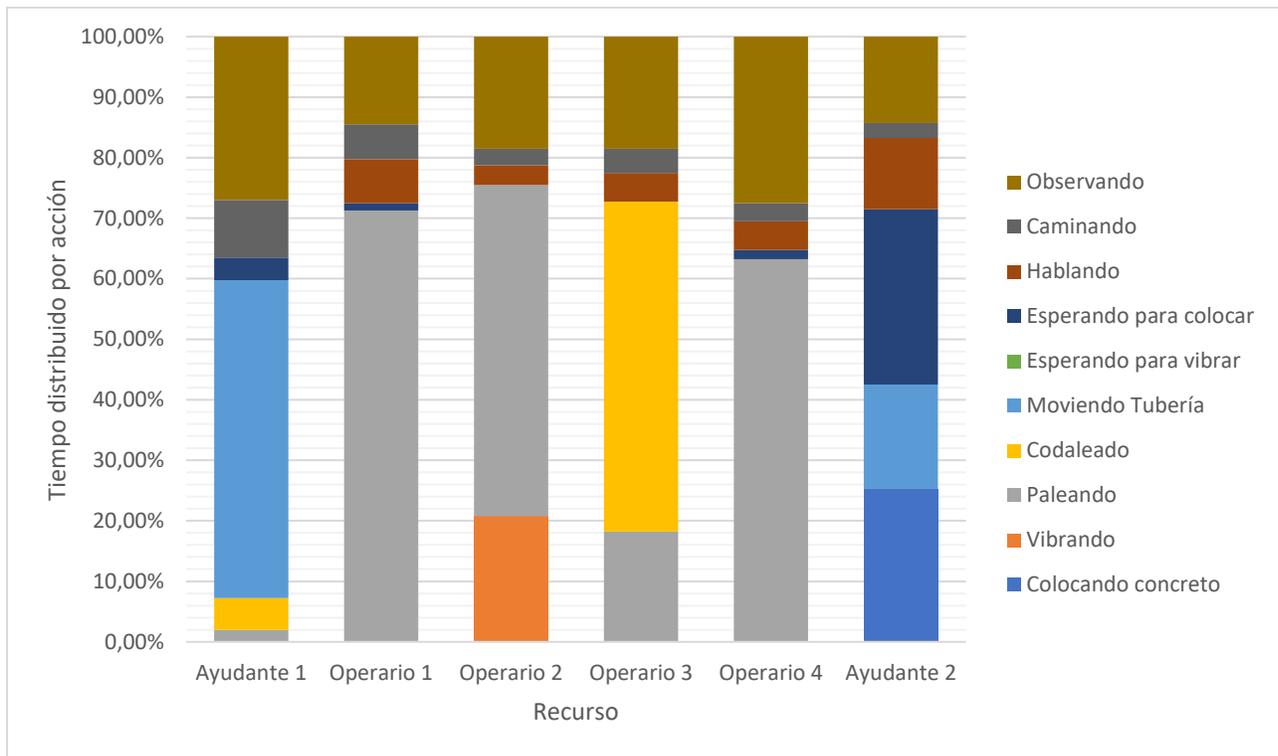


Figura 64. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°6

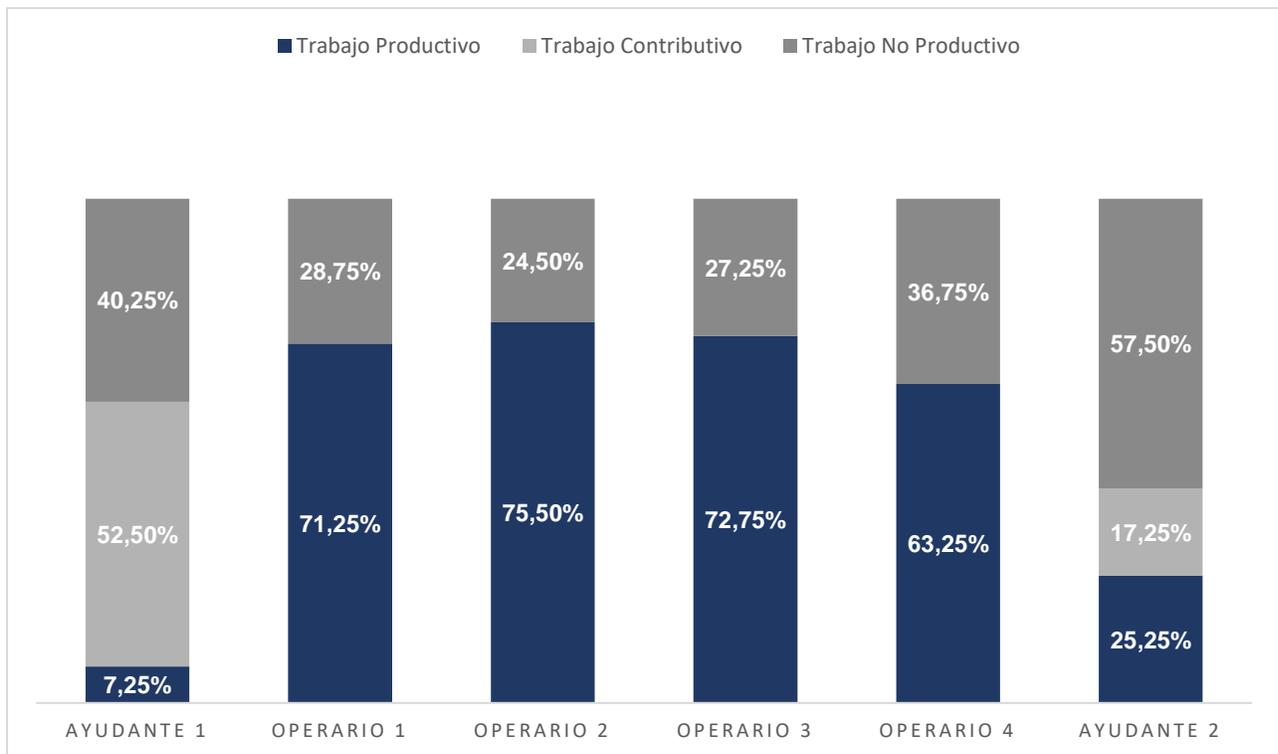


Figura 65. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°6

Medición N°7 – Metodología Crew Balance

| CUADRO 45. RECURSOS PARA DESARROLLAR EL PROCESO DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | |
|--|---------------------------|----------------------|--|
| Tareas | Mano de Obra | Materiales | Equipo |
| Colocando concreto Vibrando Paleando Codaleando Desmontando tubería | 5 operarios 1 ayudante | Concreto premezclado | Pala Vibrador Codal Cinta métrica Bomba Estacionaria |

En el cuadro 46 se incluye el desglose de observaciones a partir de la técnica Crew Balance, en esta se muestra el tiempo usado por cada trabajador en las distintas tareas y la clasificación de estas según sea el caso en: Trabajo Productivo, Trabajo Contributivo y

Trabajo No Contributivo, para cada uno de ellos se realizó un seguimiento de 400 observaciones, por tanto, los porcentajes corresponden al total del tiempo invertido de cada trabajador en las actividades señaladas.

| CUADRO 46. TIEMPOS MEDIDOS EN EL DESARROLLO DE COLADO DE CONTRA-PISO | | | | | | | |
|---|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Tipo de Trabajo | Actividad | Ayudante 1 | Operario 1 | Operario 2 | Operario 3 | Operario 4 | Operario 5 |
| Trabajo Productivo | Colocando Concreto | 45,75% | 3,25% | 1,75% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Vibrando | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 32,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Paleando | 0,00% | 61,50% | 60,75% | 16,25% | 56,25% | 30,25% |
| | Codaleando | 0,00% | 0,00% | 7,00% | 28,25% | 20,75% | 38,50% |
| Trabajo Contributivo | Moviendo Tubería | 25,25% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Midiendo | 0,00% | 0,00% | 11,25% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Trabajo No Contributivo | Esperando para vibrar | 0,00% | 0,00% | 0,25% | 3,25% | 0,00% | 0,00% |
| | Esperando para colocar | 17,00% | 4,50% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| | Hablando | 0,00% | 1,75% | 1,00% | 2,75% | 2,75% | 1,75% |
| | Caminando | 6,75% | 0,50% | 6,75% | 5,75% | 8,00% | 7,75% |
| | Observando | 5,25% | 28,50% | 11,25% | 11,75% | 12,25% | 21,75% |
| Porcentaje Total | | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

En la Figura 66 se muestra la distribución gráfica de cada trabajador con respecto a los datos del Cuadro 46, en este se observa cuanto porcentaje de tiempo dedica cada trabajador a esas

actividades. Mientras que en la Figura 67 se observa la distribución de las tres tipologías de trabajo y la contribución de cada uno a la culminación del proceso que se le da seguimiento

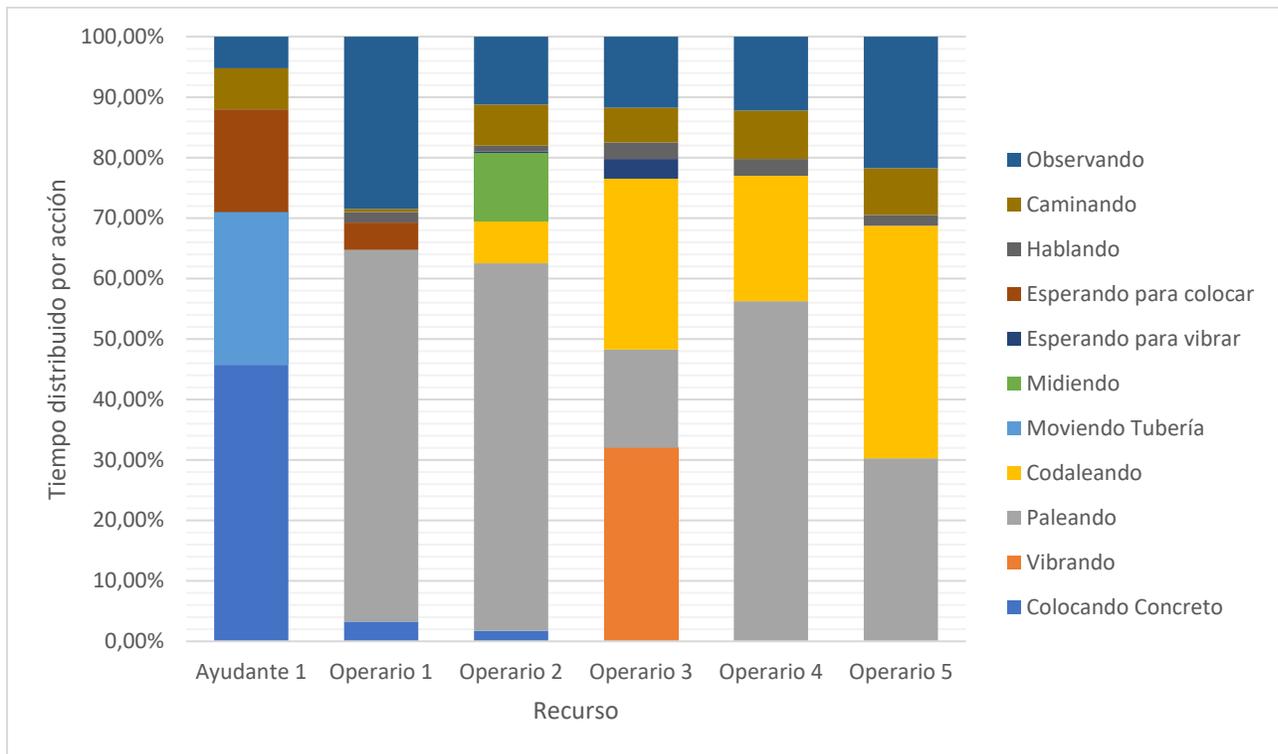


Figura 66. Crew Balance en la actividad de Colado de contra-piso para la medición N°7

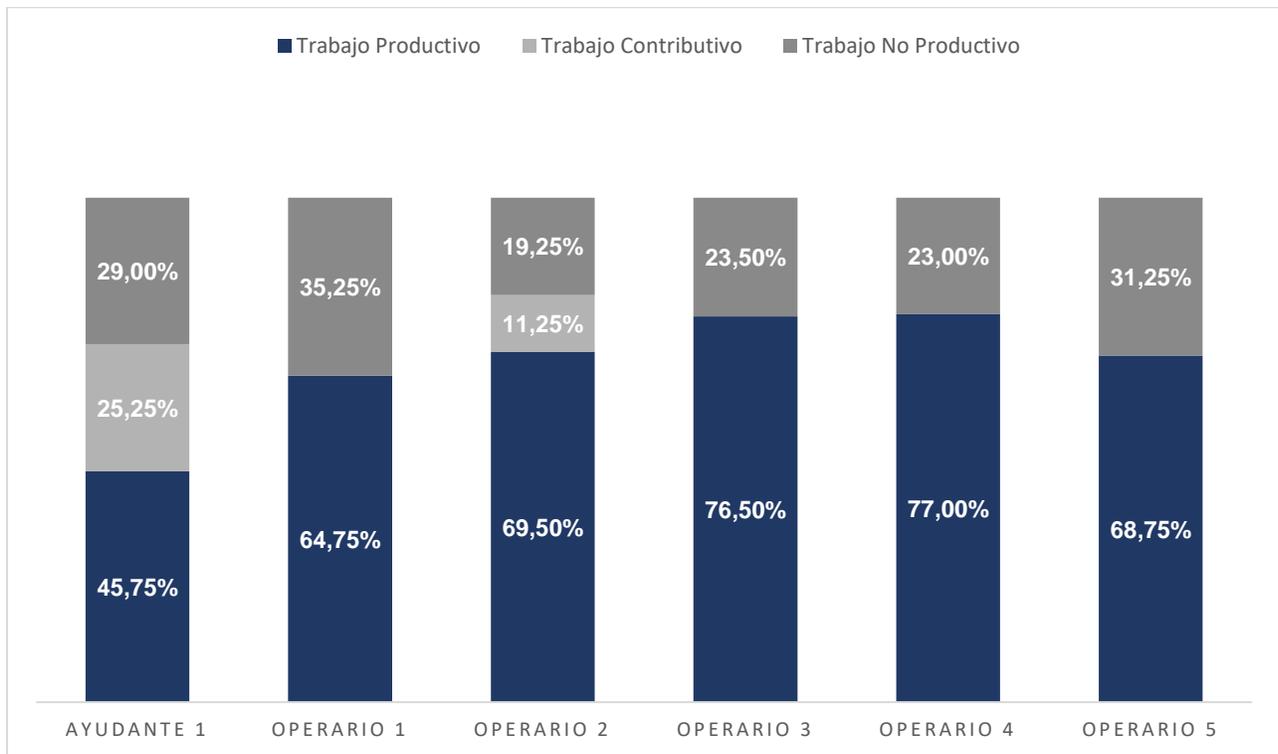


Figura 67. Porcentaje de tipología de trabajo para la medición N°7

Rendimiento de la Actividad de Colado de Contra-piso

A partir de las fórmulas detalladas en el marco teórico se procede a calcular el rendimiento de la actividad de colado para esta se definió un factor de incremento que se calcula como muestra el cuadro, a partir del valor promedio de los rendimientos de las 7 mediciones se hace el cálculo de la desviación estándar y el coeficiente de variación para dar un valor con margen de exactitud, el valor del rendimiento esta dado en horas hombre por el volumen de concreto colocado y detallado en cada área donde se realizó la medición cubierta, para la toma de

tiempos estos se realizaron en forma de video y en el cuadro se muestra el desglose de estos así como la mano de obra y cálculos para obtener el valor global de rendimiento de la actividad.

$$F.I = \frac{t.c \times 100}{h.d - t.c} \times 100$$

Dónde:

- T.C: es el tiempo invertido en otras actividades.
- H.D: es el número de horas laboradas

| CUADRO 47. CÁLCULO DEL FACTOR DE INCREMENTO | |
|--|-----------------|
| Actividad | Tiempo (h) |
| Café (Mañana) | 00:15 |
| Almuerzo | 00:45 |
| Servicio Sanitario | 00:15 |
| Otros | 00:10 |
| T.C | 01:25:00 |
| F. I | 14,29% |

| CUADRO 48. ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO EN HORAS HOMBRE PARA LA ACTIVIDAD DE COLADO DE CONTRA-PISOS | | | | | | |
|---|------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| N° Medición | Tiempo de medición (h) | Tiempo Neto (hr) | Personas por tarea | Horas/Hombre (H/H) | Trabajo (m³) | Rendimiento (HH/m³) |
| 1 | 01:04:15 | 1,071 | 9 | 9,638 | 21,000 | 0,459 |
| 2 | 00:59:45 | 0,996 | 8 | 7,967 | 19,400 | 0,411 |
| 3 | 01:11:00 | 1,183 | 10 | 11,833 | 20,700 | 0,572 |
| 4 | 00:59:30 | 0,992 | 6 | 5,950 | 7,480 | 0,795 |
| 5 | 01:01:15 | 1,021 | 5 | 5,104 | 6,120 | 0,834 |
| 6 | 01:05:51 | 1,098 | 8 | 8,780 | 21,870 | 0,401 |
| 7 | 01:03:23 | 1,056 | 6 | 6,338 | 9,690 | 0,654 |
| Promedio de Rendimiento | | | | | | 0,499 |
| Desviación Estándar | | | | | | 0,110 |
| Coeficiente de Variación | | | | | | 0,220 |
| Factor de incremento | | | | | | 0,143 |
| Rendimiento Global de Actividad | | | | | | 0,571 |

Aplicación de la Filosofía Lean Construction

La empresa Edificar S.A cuenta con herramientas de control de procesos, sin embargo, es a partir del inicio de la práctica que se aplicó el sistema de Last Planner en el proyecto, durante las etapas previas este no era usado, sin embargo, para la fase de acabados se implementó durante cada semana para dar seguimiento a las actividades que se definían en la reunión de seguimiento.

A partir de la planeación semanal acordada por cada contratista, se establecían metas alcanzables y se le daba seguimiento si la actividad lograba la totalidad del porcentaje esta

contribuía a las actividades completadas (PAC) si esta no alcanzaba la meta este porcentaje se veía disminuido, a partir de la sumatoria total de las actividades ya fueran completas o incompletas se esperaba llegar a un mínimo de 70% del PAC, sin embargo, en varias ocasiones no se alcanzó el valor mínimo, con los datos semanales se generaba una serie de tablas y gráficos de desempeño, como se muestra en la Figura de las revisiones semanales se tomaba un registro para controlar como era el avance del proyecto según lo que se proyectaba semana a semana.

Registro de Índice Porcentaje Actividades Completadas (PAC)

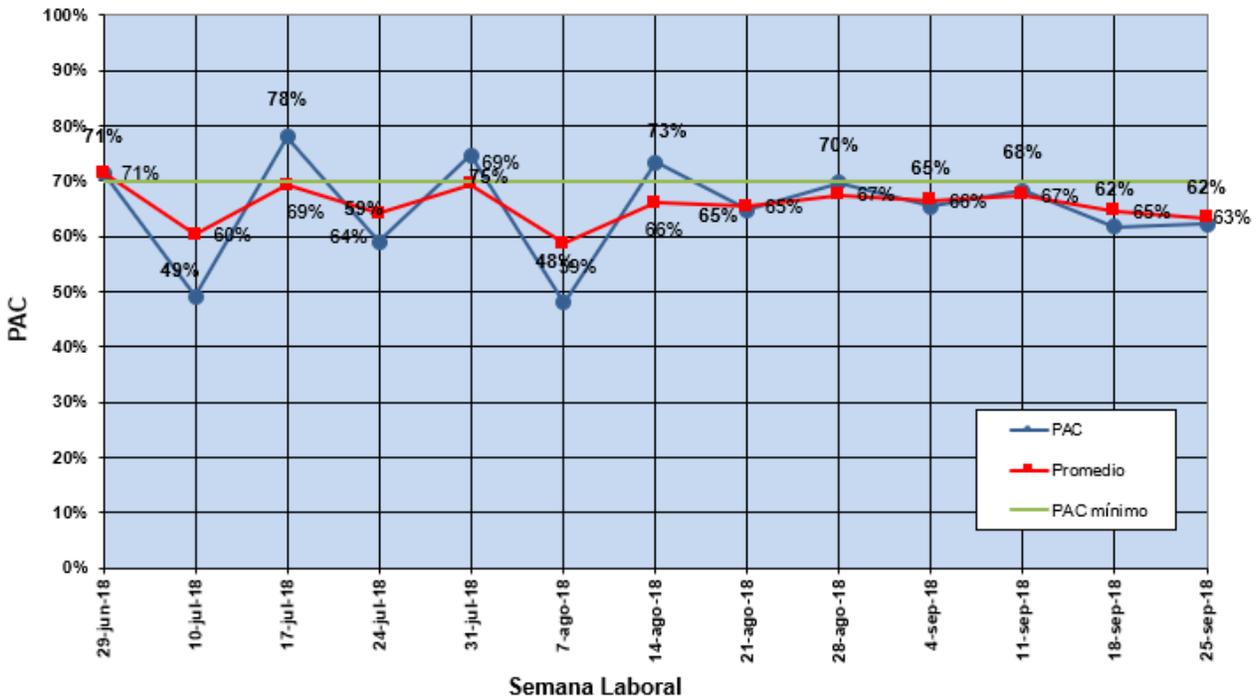


Figura 68. Gráfico de porcentaje de actividades completadas del proyecto semanalmente

Causas de No Cumplimiento

A partir del análisis de las programaciones semanales se debía definir la causa asociada a las actividades que no se cumplían, estas podían ser originadas por: atrasos con el material, falta de mano de obra, clima cambios en el diseño o

mala planificación, definir causas colabora con la mejora continua, por tanto, en la figura se muestra el formato que se le daba a la sumatoria de causas del Last Planner semanal del proyecto.

Proporción de Causas de No Cumplimiento (CNC)

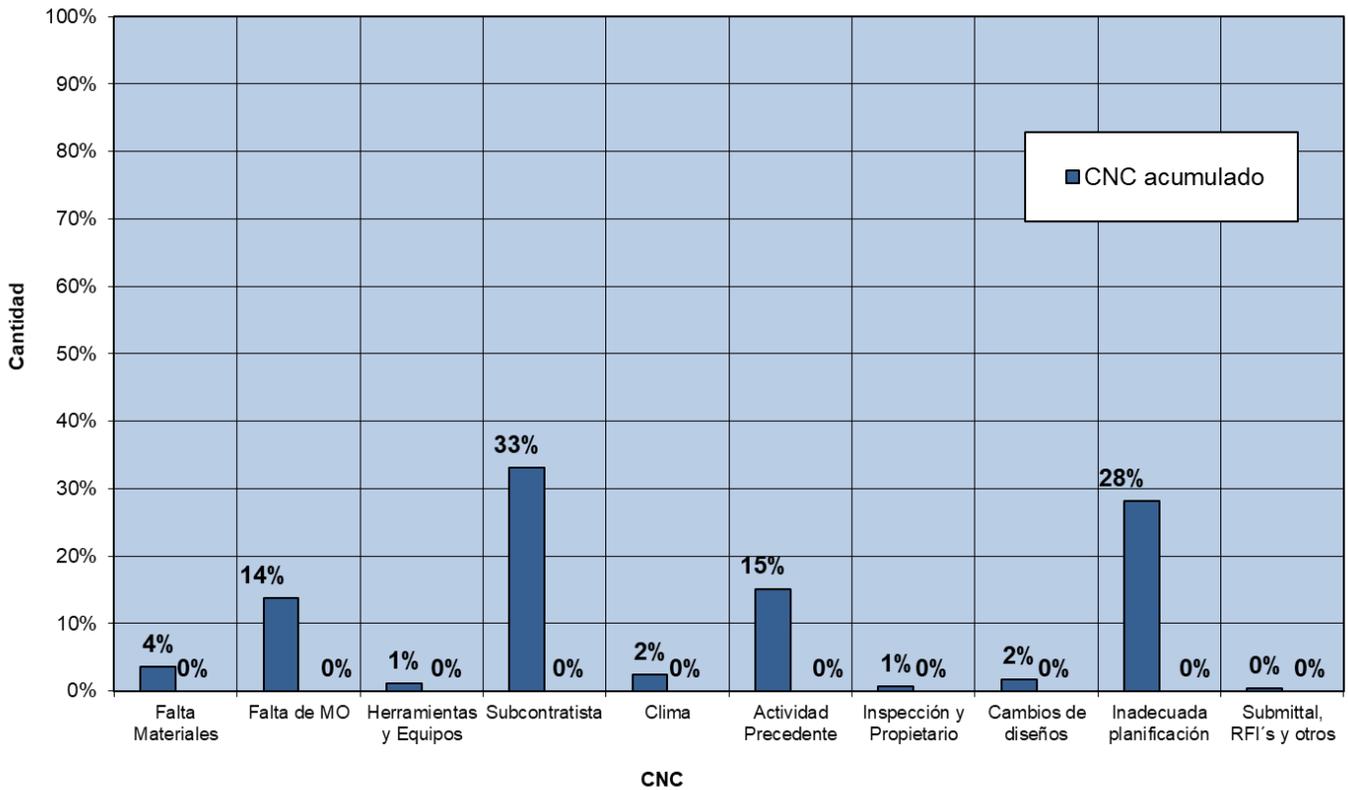


Figura 69. Gráfico de porcentaje de causas de No Cumplimiento de actividades

Causas que afectan el nivel productivo

Luego de obtener datos del estado productivo de los procesos analizados, se buscó identificar cuáles eran las causas de la reducción de la eficiencia durante la ejecución de las tareas, con esto se pretendía proponer soluciones que mejoraran las actividades en sitio y de paso evidenciar procesos mal ejecutados que sirvieran de guía para futuros proyectos de la empresa Edificar S.A.

Entrevistas a los trabajadores

Como parte del estudio de causas asociadas a la baja productividad, se realizó una serie de entrevistas al personal encargado de la ejecución, estas fueron dirigidas a trabajadores de la empresa Edificar S.A., entre ellos tres Segundos, encargados de la coordinación de los edificios y personal, así como Ayudantes y Operarios de las empresas subcontratistas encargadas de la ejecución de las actividades que se medían en el proyecto como: RPM encargada de la Instalación del Terrazo y Edicar del Valle encargada de los Repellos.

Las preguntas fueron enfocadas en temas de percepción de ambiente laboral, estado del proyecto y facilidades dadas por la empresa para ejecutar las actividades:

Pregunta N°1: Cómo describiría el ambiente laboral en el proyecto.

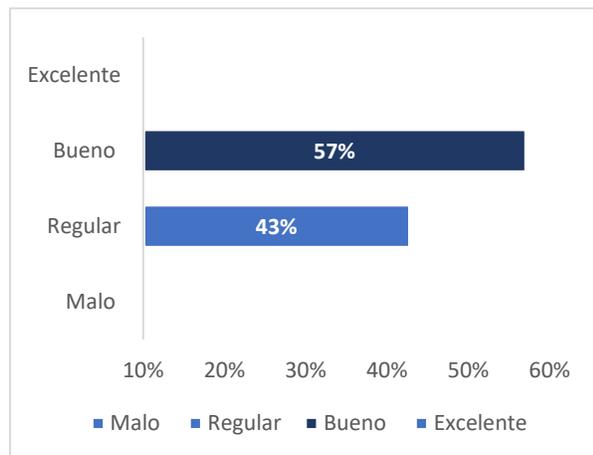


Figura 70. Evaluación de la pregunta N°1

Pregunta N°2: ¿Durante el desarrollo de la actividad que realiza le brindan los medios necesarios para culminar su labor?

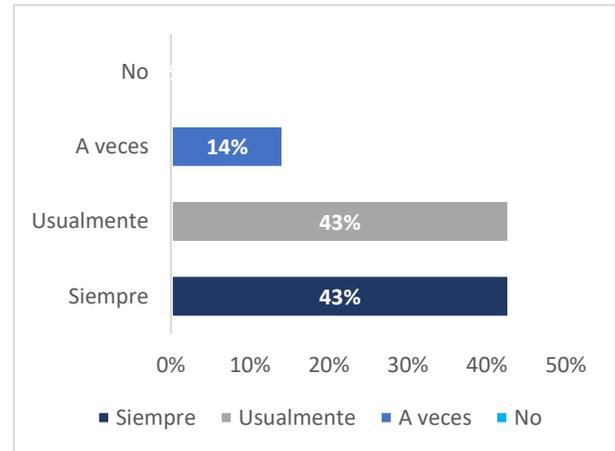


Figura 71. Evaluación de la pregunta N°2

Pregunta N°3 : ¿La empresa genera incentivos como medida de motivación en la actividad que realiza?

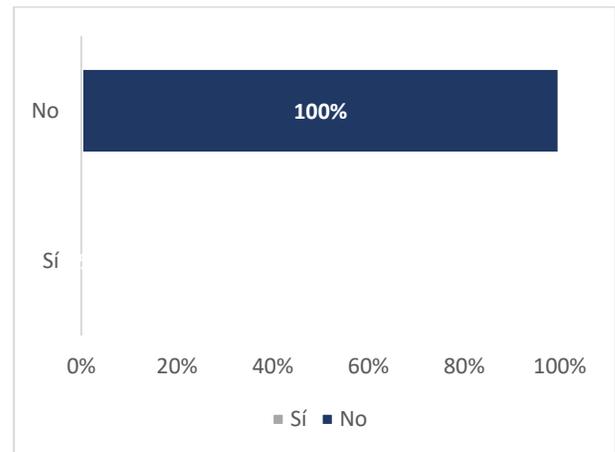


Figura 72. Evaluación de la pregunta N°3

Pregunta N°4: ¿Cree que un buen ambiente laboral influye en la productividad de un proceso constructivo?

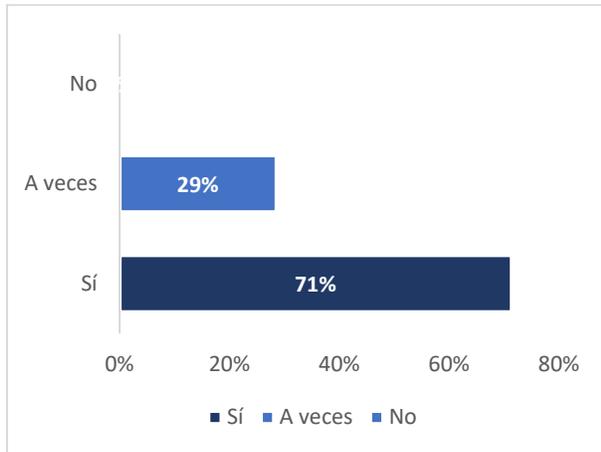


Figura 73. Evaluación de la pregunta N°4

Pregunta N°6: ¿Cómo considera que influye el número de personas que componen la cuadrilla que ejecuta un proceso constructivo?

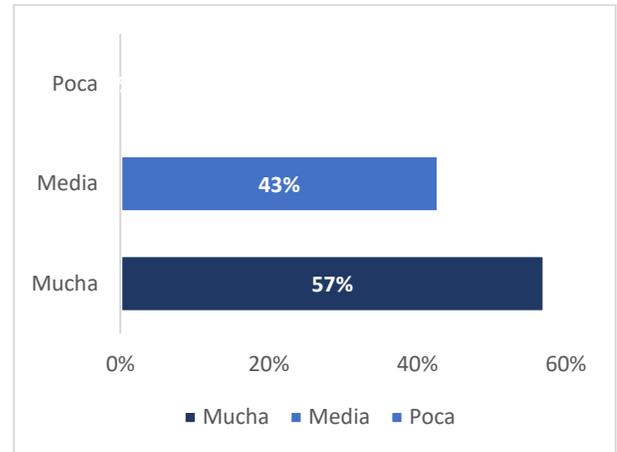


Figura 75. Evaluación de la pregunta N°6

Pregunta N°5: ¿Recibe actualizaciones, charlas o indicaciones previas que definen cómo ejecutar de forma correcta el proceso que realiza?

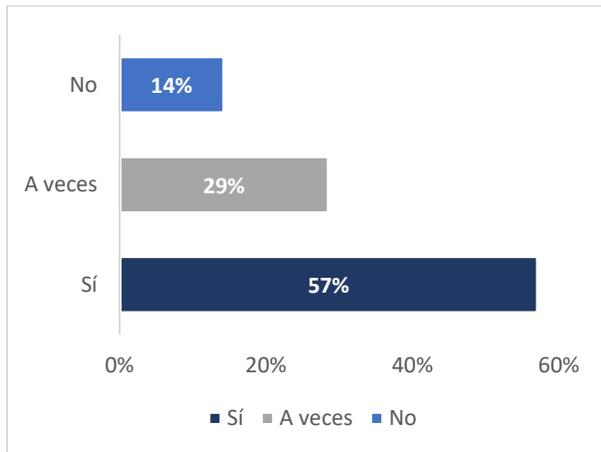


Figura 74. Evaluación de la pregunta N°5

Pregunta N°7: A partir de los factores que se muestran indique cuales cree afectan el nivel productivo de una actividad.

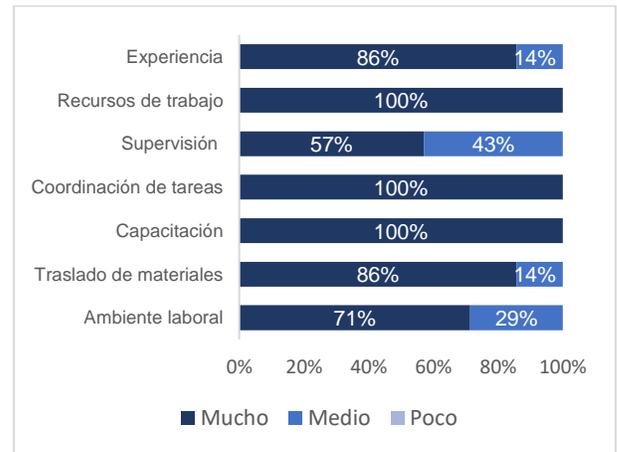


Figura 76. Evaluación de la pregunta N°7

Identificación de Causas

A partir de la observación de los procesos se pudo definir un conjunto de causas que influyen en el desempeño de los tres procesos seleccionados, para esto se muestra de forma gráfica cuales fueron y cómo afectaban la culminación de los procesos y la duración total de estos, a continuación se muestran los diagramas

de Ishikawa para cada proceso así como un diagrama de Pareto a partir de los datos críticos de la medición Crew Balance que presentaba el mayor porcentaje de trabajo no productivo, con esto se pretende identificar cuales acciones presentan mayor influencia en la productividad total.

Proceso de repello de paredes

Para este proceso se detalla cada una de las causas probables que reducen el nivel productivo de la actividad de repello en paredes, para esto se presenta un diagrama de Ishikawa general de

la actividad ya que estas se identificaron en la totalidad de las mediciones que se hicieron del proceso, como se observa.

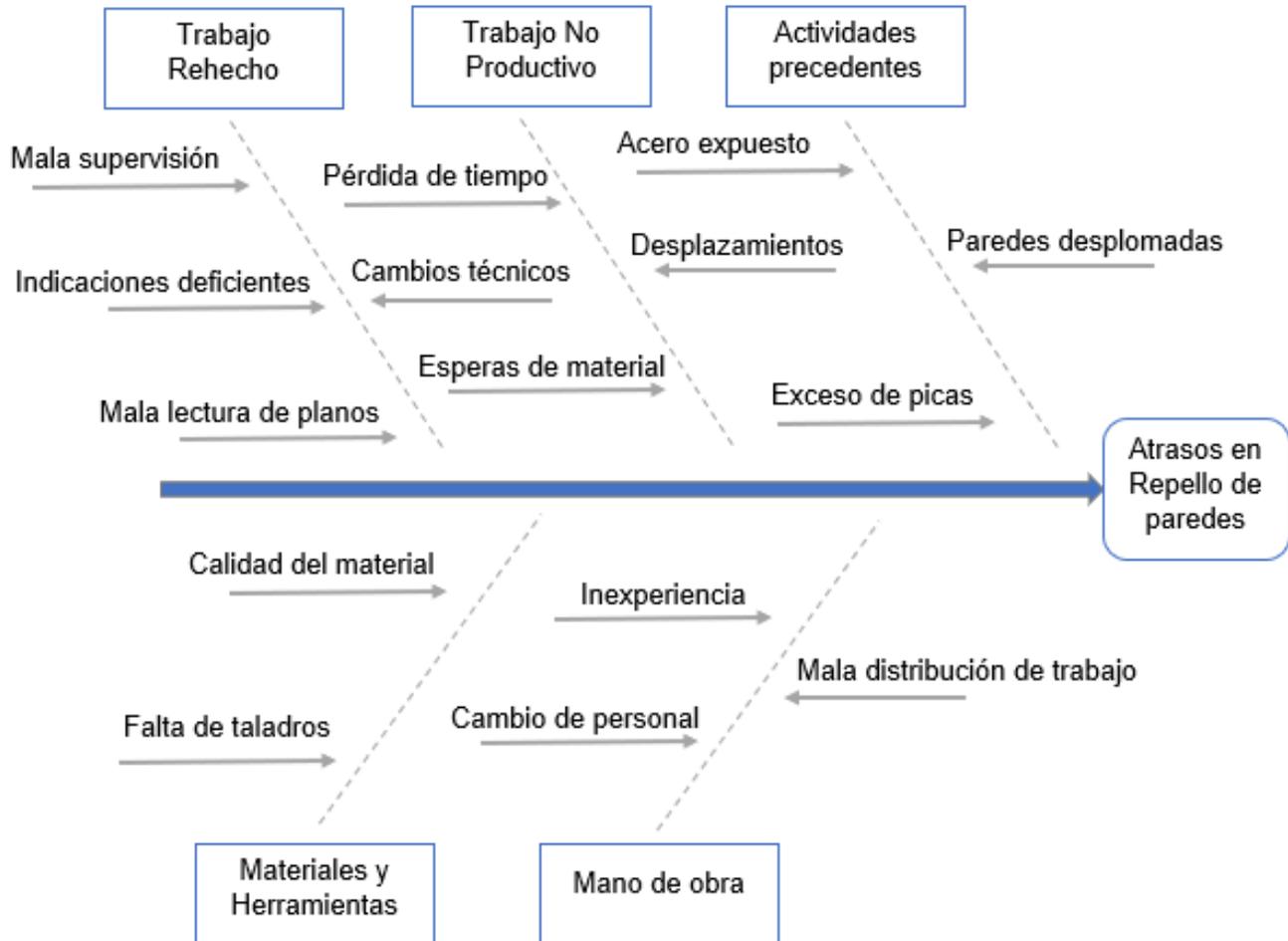


Figura 77. Diagrama de Ishikawa para el proceso de Repello de paredes



Figura 78. Detalle de pica de tapichel por apertura de panel



Figura 79. Detalle en muro estructural luego de apertura de panel durante colado

En las imágenes anteriores se muestra parte de los problemas descritos en el diagrama de Ishikawa, además en la siguiente figura se muestra un diagrama de Pareto en el que se

incluyen cuáles fueron las actividades clasificadas como No Contributivas y su nivel de influencia en la actividad, para esta se tomó la medición 3 de la actividad de repello.

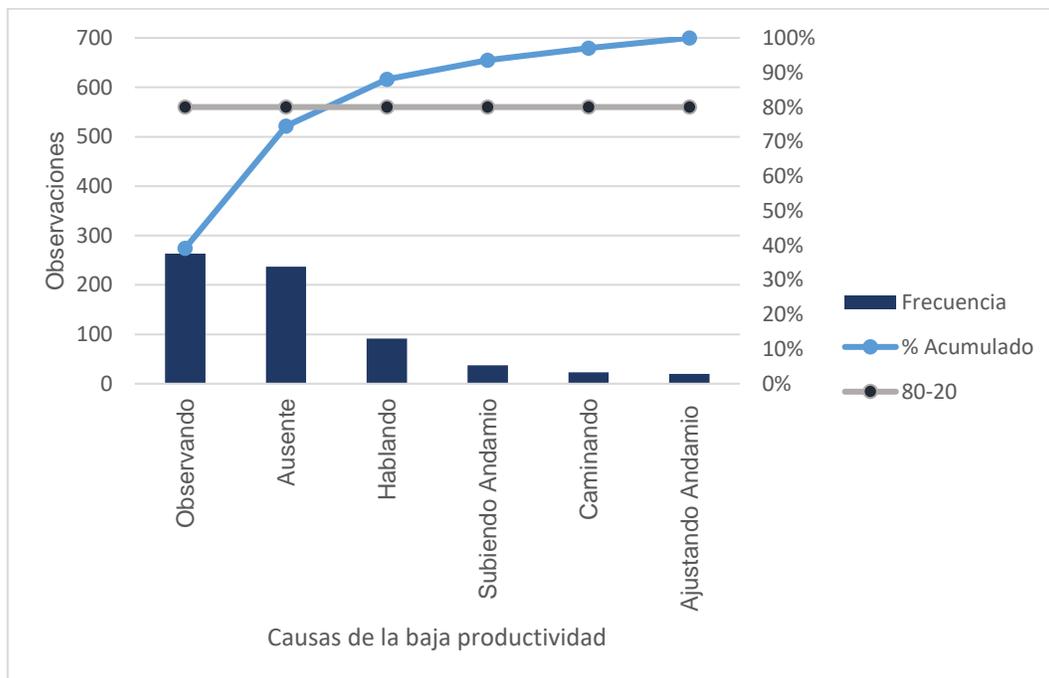


Figura 80. Diagrama de Pareto de T.NC para medición N°3 de Repello de paredes

Proceso de pega de terrazo

Durante el proceso de observación se logra identificar factores repetitivos que afectan la productividad de la esta actividad, por lo que en el siguiente diagrama de Ishikawa se indican

cuales fueron frecuentes en las 7 mediciones de pega de terrazo, en la parte frontal del diagrama se muestra cual es el efecto identificado y en el cuerpo cuales factores insiden en este.

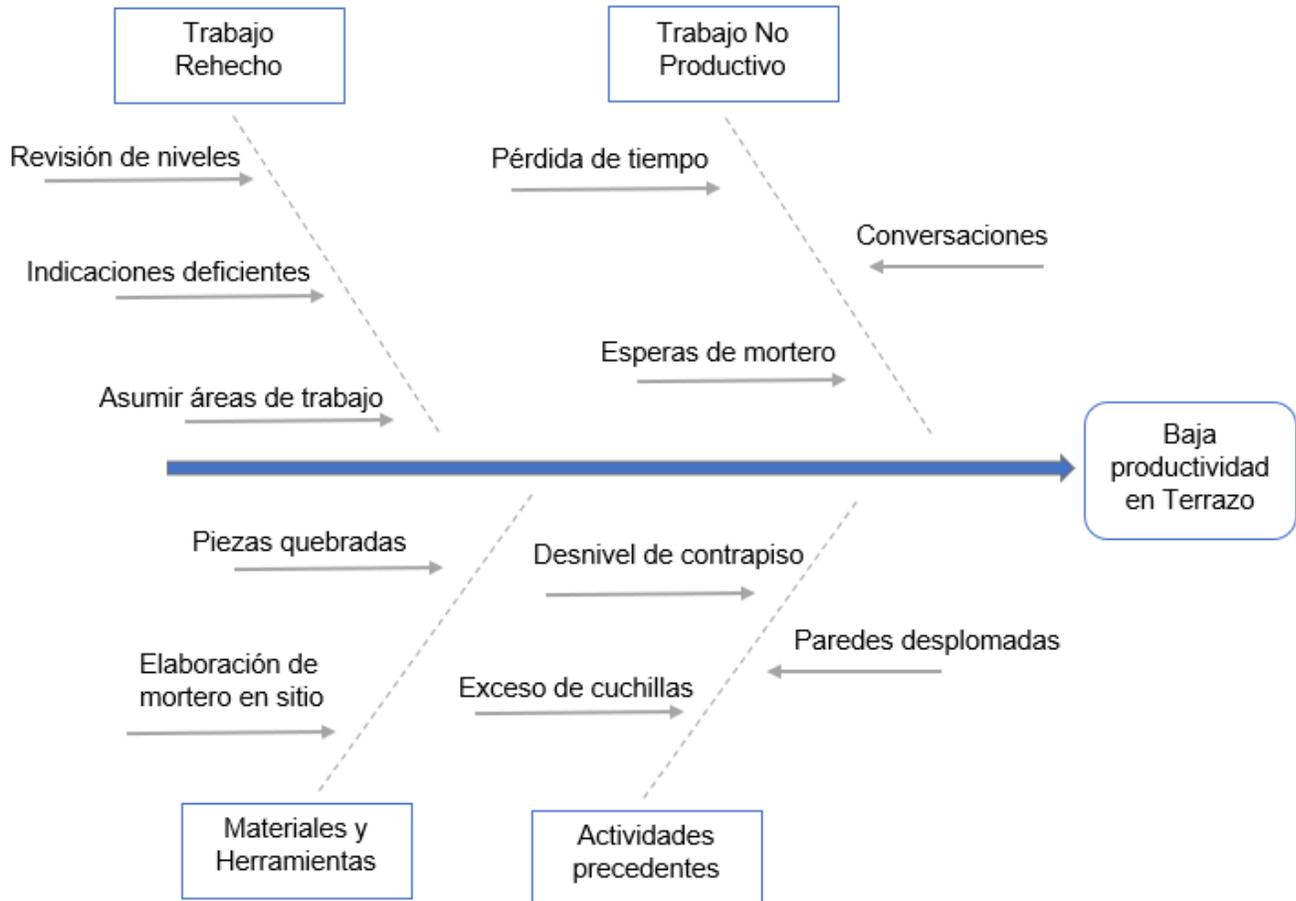


Figura 81. Diagrama de Ishikawa para el proceso de Pega de Terrazo



Figura 82. Detalle de pared desplomada y afectación en la pega de terrazo



Figura 83. Detalle de cuchillas de terrazo en aulas

En las imágenes anteriores se muestra parte de los problemas descritos en el diagrama de Ishikawa para la actividad de Terrazo, además en la siguiente figura se muestra un diagrama de Pareto en el que se incluyen cuáles fueron las

actividades clasificadas como No Contributivas y su nivel de influencia en la actividad, para esta se tomó la medición 3 de la actividad de pega de terrazo.

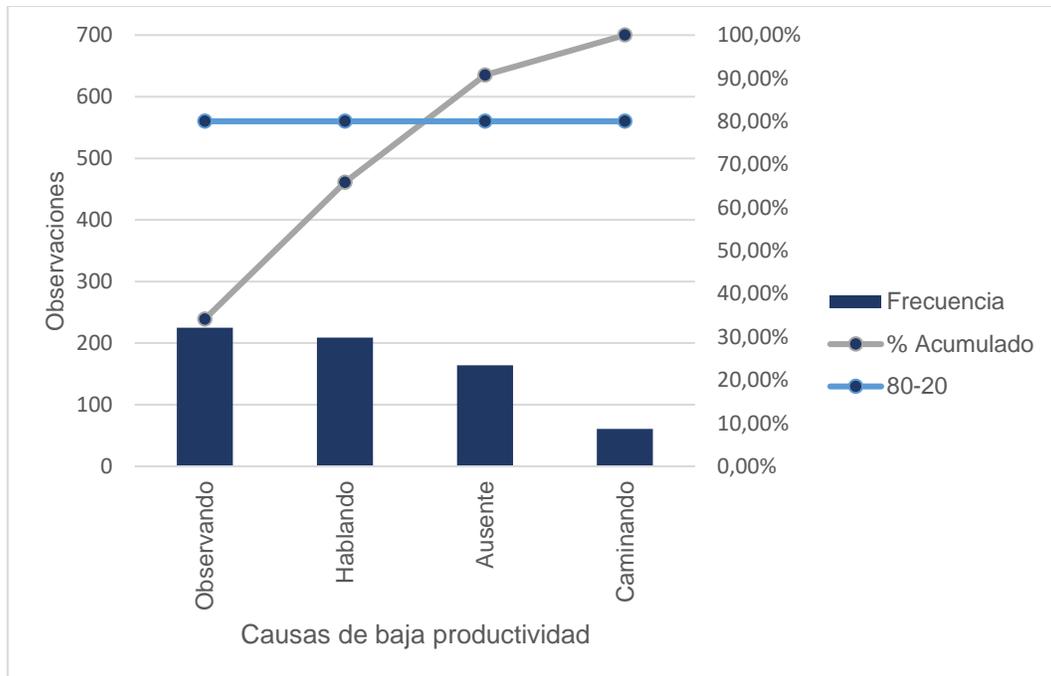


Figura 84. Diagrama de Pareto de T.NC para medición N°3 de Pega de Terrazo8

Proceso de colado de contra-piso

Para este proceso se detalla cada una de las causas probables que reducen el nivel productivo de la actividad de colado de concreto, para esto se presenta un diagrama de Ishikawa general de

la actividad ya que estas se identificaron en la totalidad de las mediciones que se hicieron del proceso, como se observa.



Figura 85. Diagrama de Ishikawa para el proceso de Colado de contra-piso



Figura 86. Tiempo armando y desarmando tubería para colado de concreto



Figura 87. Esperas para cambio de pipa y apertura de flujo de concreto

En las imágenes anteriores se muestra parte de los problemas descritos en el diagrama de Ishikawa para la actividad de colado de contrapisos, además en la siguiente figura se muestra un diagrama de Pareto en el que se incluyen

cuáles fueron las actividades clasificadas como No Contributivas y su nivel de influencia en la actividad, para esta se tomó la medición 2 de la actividad de colado de concreto.

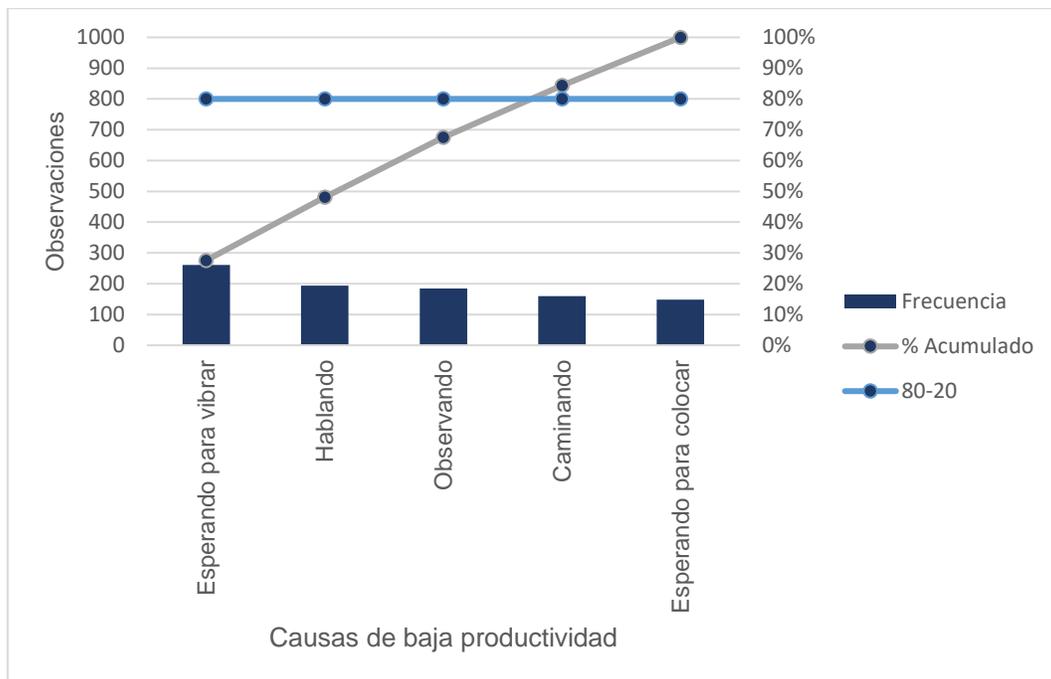


Figura 88. Diagrama de Pareto de T.NC para medición N°2 de Colado de contra-piso

Propuesta de Mejora

Parte esencial en el proceso de seguimiento de las actividades era identificar posibles fallas y medir la repercusión de estas, en la productividad final a partir de las técnicas aplicadas y los resultados de la sección anterior se puede definir una serie de recomendaciones a los procesos de

Repello de paredes, Pega de Terrazo y Colado de Contra-pisos como plan de mejora para este y otros proyectos, además una serie de sugerencias relacionadas con la actividad productiva de la obra en general según observaciones realizadas durante su ejecución.

| CUADRO 39. PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROYECTO | |
|---|--|
| Problemática | Plan de Mejoramiento según problemática |
| Intervención tardía ante mala ejecución de actividades por parte de los subcontratistas | Revisiones de desempeño semanal y evaluación de calidad y rendimiento, implementación de notificaciones por malos resultados y tiempo estimado para resolverlos, si los problemas son recurrentes y este retrasa actividades aplicación de multas equivalentes y posterior suspensión de subcontrato amparado en incumplimiento de contrato. (responsable: Ingeniero Residente del proyecto) |
| Faltante de insumos para la ejecución de tareas | Generar espacios de coordinación semanal entre la bodega de la constructora y el encargado de cada subcontrato, al definir fechas previas de actividades el encargado de bodega tendrá el tiempo necesario de montar una planeación de entregas y coordinación de material con otros proveedores en casos atípicos, con esto se evitan tiempos muertos debido al faltante de insumos. (responsable: Encargado de bodega y planillas) |
| Descontrol de cuadrillas y personal | Plantear con los encargados de personal sea maestros de obra, segundos y encargados de subcontratos una adecuada asignación de personal para cada actividad, traslapar actividades prioritarias con cantidad de personal y realizar proyecciones conjuntas al departamento de ingeniería para reducir tiempos muertos y sobrecostos por personal de más por actividad mientras otras mantienen un faltante de mano de obra. (responsable: Ingeniero Residente del proyecto) |
| Evaluación nula de desempeño del personal | Además de generar mayor capacitación al personal de la constructora, exigir a las empresas subcontratistas que las personas que laboren en el proyecto tengan la experiencia suficiente para desempeñar la función, evitar contratar personal que no sea capaz de comprobar experiencia en actividades similares, con esto se evita trabajos rehechos por mala ejecución y baja productividad por inadecuado manejo de herramientas y equipos. (responsable: Asistente de proyecto) |

| | |
|---|--|
| <p>Conclusión de actividades y detalles</p> | <p>Establecer planes de revisión y plazos de entrega por áreas, con esto se obligaría a las empresas subcontratistas a culminar espacios y hacer entregas completas para evitar atrasos de actividades subsecuentes, interferencias posteriores con otras tareas y trabajos rehechos asociados a daños, como medida presión se puede retener pagos por espacios inconclusos y multas por días de atraso a contratistas por detalles sin terminar. (responsable: Asistente de proyecto)</p> |
| <p>Falta de espacios de almacenamiento de material y desechos</p> | <p>Establecer un área específica para almacenar insumos manejar una planeación adjunta para la culminación de esta área, evitar la existencia de material en zonas que no se hayan concluido y mantener un control de la entrada de material para su correcta distribución, establecer multas por falta de planificación e inadecuado manejo de materiales según sea el avance programado entre la empresa y el subcontratista. (responsable: Ingeniero Residente del proyecto)</p> |
| <p>Herramientas y maquinaria</p> | <p>Generar inventarios diarios de herramienta en buen estado, en mantenimiento y faltante, para determinar cuáles actividades sufrirán retrasos y realizar en el peor de los casos reprogramaciones, a partir de ese inventario solicitar nuevo equipo mediante órdenes de compra, aplicaciones de garantía o alquileres según sea el caso y así evitar atrasos que los contratistas puedan atribuir a la empresa constructora. (responsable: Encargado de bodega y planillas)</p> |

Análisis de los resultados

El desarrollo de este trabajo surge con la intención de mejorar la ejecución de los procesos seleccionados en el Proyecto Colegio Occidental, la empresa Edificar S.A. cuenta con amplia trayectoria en el desarrollo de proyectos de orden educativo, residencial y comercial, sin embargo, el modelo de subcontratos por actividad aplicado en la obra, implica mayor control y coordinación de todas las partes, es por esto que dar seguimiento y verificar el cumplimiento de tareas es de suma importancia, ya que los tiempos de ejecución y la continuidad de tareas subsecuentes deben ser eficientes para no generar pérdidas a la compañía.

Como se planteó en los objetivos la etapa inicial de este proyecto consistió en reconocer las condiciones en las que se encontraba el proyecto a la fecha de inicio, debido al avance presentado y condiciones expuestas en la metodología, se decidió realizar seguimiento de las actividades de Repello de Paredes, Pega de Terrazo y Colado de Contra-pisos, la totalidad de los datos recopilados se mostraron en la sección de resultados y según se detalló estos se realizaron tomando en cuenta áreas distribuidas a lo largo del proyecto y obviando datos que pudiesen influir en el análisis gráfico y estadístico que se realizó.

Productividad de las actividades

Se estableció un número igual de mediciones para los tres procesos, cada uno de estos fue analizado por la técnica Crew Balance y se determinó un número de 400 observaciones por trabajador, con esto se buscó generar una base estadística sólida y apegada a la realidad en cada una de las 7 mediciones, al realizar grabaciones de video el análisis y aplicación de la técnica de observación se facilitaba ya que si se aplicaban videos de 1:20 horas las mismas se realizan cada 12 segundos, permitiendo rebobinar el video y observar la acción que ejecuta cada trabajador.

Repello en Paredes

La actividad de repellos abarco gran parte del seguimiento de actividades, esta se mantenía presente de manera simultánea en las tres áreas de trabajo del proyecto: Edificio Este, Edificio Oeste, Vestidores y Sótanos, en la sección de resultados figura 16, se mostró el diagrama de flujo de la actividad, este indica la secuencia de tareas que y la determinación del proceso a aplicar según fuera el caso, si la superficie era adecuada para poner maestras o si requería de un proceso de pica o refuerzo con malla electro-soldada, además de este si la capa de repello tenía un espesor mayor a 3 cm debía pasar por un proceso de rayado de la primera capa, esta buscaba generar adherencia con la segunda capa de repello que se aplicaría después de esperar alrededor de 3 horas hasta que el material adquiriera resistencia suficiente, luego de esto se continuaba aplicando material lanzado, nivelando a partir de codales y afinado con llaneta de hule.

En total para la actividad de repello se realizaron 10.800 observaciones tomando en cuenta que por trabajador se aplicaron 400 y en cada medición las cuadrillas estaban conformadas de 3 a 5 personas que desempeñaban diferentes cargos entre operarios y ayudantes, la particularidad de esta actividad es que durante el desarrollo del proyecto el contratista encargado de repellos no estaba cumpliendo con las metas establecidas esto se logra demostrar a partir del incumplimiento de metas semanales que se programaban en el Last Planner, a raíz de esto se realiza un cambio de subcontratista y se logra ver un aumento en el nivel productivo de actividad, a continuación se hace un recuento de las 7 mediciones indicando que las 4 primeras fueron tomadas al personal de la empresa que no estaba cumpliendo metas y que más adelante se hace una reseña de las causas identificadas, las tres mediciones restantes son del otro subcontratista.

En el cuadro 1 se muestra la composición de la cuadrilla que se ubicaba repellando la fachada externa entre los ejes 1 y 2 del edificio Este, esta se componía de 3 operarios en el mismo cuadro se muestra la distribución de materiales, herramientas y tareas principales, en el cuadro 2, se presenta el porcentaje de cada una de las acciones observadas y su clasificación en trabajo productivo (T.P), trabajo contributivo (T.C) y trabajo no contributivo (T.N.C), al ser operarios se espera que la mayoría de las acciones estén en la primera categoría, en la Figura 17 se observa el gráfico de Crew Balance del muestreo N°1, en todas las figuras del método, los colores representan cada acción y se leen de abajo hacia arriba, según este los operarios 1 y 3 dedicaron más del 20% de las observaciones a la actividad de afinado, mientras el operario 2 estuvo lanzado repello durante el 26,25 % del muestreo, en la figura 18 se muestra la distribución del trabajo productivo en los tres casos este se mantuvo por debajo de 60%, el operario 3 presentó el menor T.C, con un 42,5% del total de 400 mediciones, los valores de T.N.C según la figura se ven influenciados por las esperas, las observaciones y ausencias prolongadas.

La medición N°2 se realizó en la fachada del edificio oeste entre los ejes 3-4, en esta se encontraban 4 operarios en el nivel 0+340, según el cuadro 4 la acción productiva recurrente fue el lanzado de repello para los cuatro operarios, la figura 20 muestra que el operario 1 alcanza cerca del 60% de T.P mientras el operario 4 apenas supera el 40% de T.P, con respecto al T.N.C al estar ejecutando la actividad en andamios los operarios debían esperar a que los 2 ayudantes pasaran una cubeta de material por una de las ventanas, ya que estos se mantenían dentro del edificio haciendo el material, esto ocasionada esperas reflejadas en el porcentaje dedicado a observar de los operarios que en algunos casos superó el 25% de la medición, además del tiempo perdido subiendo o bajando del andamio para alcanzar herramientas o acomodar la línea de vida, que en el caso del operario 2 llegó al 13% de las observaciones.

El cuadro 5 muestra la distribución de la cuadrilla para la medición N°3, esta se realizó en la fachada del edificio oeste, entre los ejes 4-5 y niveles 0+340 y 0+680 un día después con condiciones climáticas similares a las de la medición N°2, en ese cuadro se observan la

distribuciones de otros 4 operarios, en cuanto al nivel productivo la actividad de lanzado superó el 35% para el operario 1 y el afinado rondo el 50% para el operario 2, en la figura 22 se observa que estos dos presentan un nivel productivo superior al 55% mientras los operarios 3 y 4 alcanzan un T.P del 40% y un 50% de T.N.C, al observar de nuevo el cuadro 6 estos últimos usaron gran parte del tiempo a observación ya sea esta debido a esperas de material o simple distracción, además el operario 4 estuvo ausente más de un 20% del tiempo de medición y no debido a acciones contributivas ya que de esto se encargaban los ayudantes.

El muestreo N°4 se realizó en el área de biblioteca, edificio este, se midió el repello para las paredes internas del eje 2 y 3 de 2,70 m de alto, según el cuadro 7 la cuadrilla estaba compuesta por 3 operarios y un ayudante, la descripción de tareas se muestra en el cuadro 8, a diferencia de las otras mediciones esta no requería andamio y era una actividad interna sin embargo la distribución de trabajo no era adecuada, ya que el único ayudante se encargaba de limpiar desperdicios de mortero y barrer, esto debido a que el área ya contaba con el piso de terrazo instalado, esto se muestra gráficamente en la figura 23, donde la mayor parte del tiempo este estuvo limpiando, mientras los operarios debían hacer gran parte del T.C como la elaboración de mezcla y el traslado de material al sitio, tareas que impedían dedicación exclusiva al T.P, la figura 24 muestra la distribución de trabajo si bien el operario 1 muestra un 56% de T.P similar a mediciones anteriores, el operario 3 presenta niveles más bajos 38%, sin embargo tanto este como el operario 2 muestran un porcentaje importante dedicado a T.C mayor al 25% de las observaciones.

El muestreo N°5 se realizó en la fachada del edificio oeste, a partir de la salida de la empresa de repellos por incumplimiento de metas misma a la que se le tomó las mediciones del 1 al 4, como se indica en el cuadro 9 la cuadrilla se componía de 3 operarios y 2 ayudantes, además en la sección de materiales se incluye una cuerda y un balde, a diferencia de la otra subcontratada, los ayudantes se situaban dentro del edificio y le pasaban el material a los operarios por la ventana, procedimiento al parecer del autor inadecuado, según se constató en ocasiones el ayudante no estaba del todo pendiente de la solicitud de material, en el caso del nuevo

subcontratista, el operario contaba con una cuerda y un gancho con el que anclaba el balde, el ayudante esperaba a que el operario bajara el balde con la cuerda para llenarlo con el material, con esto se evitaba que el ayudante se desentendiera de la actividad, como paso en las mediciones 1,2,3 en las cuales no se midió el desempeño del ayudante ya que estos se encontraban dentro del edificio lo que imposibilitó detectar el bajo nivel productivo que mantenían. Como muestra el cuadro 10 los operarios 2 y 3 dedicaron casi el 30% de las observaciones al lanzamiento de material, mientras el operario 1 distribuyó el tiempo entre afinado y codaleo del repello, los ayudantes por su parte presentan alrededor de un 50% a la realización de mezcla de repello y la movilización de material, la figura 25 muestra una distribución de tareas más equilibrada que en las mediciones anteriores, mientras la figura 26 confirma que el método de distribución de material aplicado por el nuevo contratista y la conformación de la cuadrilla influyen en el aumento productivo, ya que el T.P de los operarios alcanza el 65%, considerablemente mayor a los otros muestreos, con respecto a los ayudantes 1 y 2 el T.C superó el 50%, sin embargo existe un porcentaje importante dedicado a solo observar cerca del 30%, en el apéndice 4 se hace una comparación del trabajo productivo de estos, aun cuando las áreas variaban un poco se decidió mostrar un gráfico comparativo que resumiera el comportamiento de los operarios de ambas empresas.

La medición N°6 se realizó en la fachada norte del edificio oeste entre los ejes M y R, según el cuadro 12 la cuadrilla estaba compuesta por 3 operarios y un ayudante, el operario 1 dedicó el 49% del tiempo a la actividad de lanzamiento de repello, mientras el 2 y el 3 lo hicieron en un 35% de las observaciones, la figura 28 muestra la distribución de trabajo a diferencia de la medición anterior el porcentaje de T.P fue del 59%, 63% y 61% respectivamente, en cuanto al T.N.C de estas las acciones recurrentes fueron las esperas de material y la observación que alcanzaron el 12% y 11% respectivamente para el operario 3, mientras el ayudante presentó un 64% de T.C, al contar con un solo ayudante los operarios dedicaron parte de su tiempo a las esperas de material lo que redujo algunos puntos porcentuales la eficiencia con respecto a la

medición anterior, sin embargo el nivel productivo global fue superior al de los muestreos 1,2,3 y 4.

Para el muestreo N°7 se dio seguimiento al repello del ducto de elevador, según el cuadro 14 la cuadrilla se componía de 2 operarios y un ayudante, los primeros presentaron una distribución similar de acciones ya que el ducto se subdivide en dos por tanto trabajaron en cada ducto, la actividad de lanzamiento de repello fue del 45%, mientras que el nivelado a partir de codal alcanzó el 10% y 8% respectivamente, en cuanto a las actividades de T.C se contó con 6% y 7% dedicado a subir o bajar la cubeta con material y 9% y 8% dedicado a limpiar las herramientas de restos de material, sobre todo el codal, mientras el T.C del ayudante consistió en hacer mezcla de repello en un 15% de las mediciones y cargar material en un 25% de las observaciones, por último la figura 30 muestra que el T.P de los operarios fue del 65% y 61%, mientras el ayudante presenta un 60% del total de las observaciones a actividades no contributivas, como observar en un 38% del tiempo, según el cuadro 14, sin embargo la productividad global de la actividad es alta.

El cuadro 16 muestra el cálculo de los rendimientos para cada una de las 7 mediciones, además en el cuadro 15 se muestra la determinación del factor de incremento de rendimiento, este se calcula a partir de los tiempos usados en actividades no productivas como tiempos de comida desplazamiento y tiempos de baño, estos dos últimos estimados mediante observaciones de campo, al final el factor se calcula como se muestra en la ecuación 5 y se obtiene un valor de 14,29% de incremento, se decide eliminar el rendimiento obtenido en la medición N°2 para no afectar el promedio, esto según se explicó en el marco teórico, la medición N°7 fue la que presentó el mayor rendimiento con 0,42 HH/m² y como se venía indicando al observar los valores de las 4 primeras mediciones se observa que el rendimiento es menor en estas, las del nuevo subcontrato presentaron valores de rendimiento más alto, al final el valor global de la actividad fue de 0,567 HH/m²

Pega de Terrazo

Esta actividad era considerada prioritaria en el proyecto, debido a los tiempos que tardaban los

procesos que componían la instalación de este piso, entre ellos la fragua luego de la instalación, el re-tape que era un proceso posterior de fragua haciendo uso de una máquina que sellaba los poros restantes del proceso manual, el destronque que se encargaba de eliminar material pegado a la superficie del terrazo y que funcionaba como etapa previa al pulido, en cada uno de estos procesos los aposentos permanecían cerrados, esto afectaba en cierta medida la realización de otras actividades de ahí la importancia de dar prioridad, sin embargo el traslape con otra tareas surgía, indicador de falta de planificación conjunta entre subcontratistas y constructora.

En total se realizaron 11.600 observaciones distribuidas en las 7 mediciones, la actividad como tal se describe en el diagrama de flujo mostrado en la figura 35, la primera parte era definir un trazo para localizar la cuchillas, luego de esto se iniciaba la pega de piezas en la zona perimetral del aposento donde las piezas debían ser cortadas, esa etapa era la que llevaba más tiempo debido a la modulación, luego de esto los operarios pegaban hilada tras hilada hasta concluir el área, como parte del proceso los ayudantes se encargaban de colocar las piezas cerca del operario y “pintar la pieza” aplicar pasta de cemento, luego el ayudante colocaba el mortero de pega y el operario se encarga de pegar las piezas.

El cuadro 17 muestra la distribución de la cuadrilla para el muestreo N°1 este se realizó en el área administrativa entre los ejes 2 y 4 del Edificio Oeste, la misma estaba conformada por 2 operarios y un ayudante, además se presentan los insumos para la actividad y la distribución de tareas, en el cuadro 18 se observa que el operario 1 dedicó el 55% del tiempo a pegar piezas aunado a esto realizó tareas de T.C como mediciones y limpieza, mientras el operario 2 usó el 35% en la pega de piezas y un 14% del tiempo medido lo usó en colocar base de mortero, la figura 36 muestra que el ayudante por su parte invirtió el tiempo en actividades de T.C como elaboración de mezcla en un 38% de las observaciones y un 17% en colocación de piezas esta última debido a que las mismas se transportan en tarimas, por lo que el ayudante en este caso debe acomodar las piezas en el sitio de trabajo. La figura 37 muestra la distribución de las tipologías de trabajo para cada trabajador, el operario 1 alcanzó un 70% de T.P mientras el

operario 2 llegó a un 57%, con respecto al ayudante la mayoría de las observaciones fueron dedicadas a tareas contributivas llegando a 56%.

La medición N°2 se realizó en el Aula 08 ubicada en el Edificio Este espacio de 5.85mx8.88m, según el cuadro 19 la cuadrilla la conformaban 2 operarios y un ayudante, el cuadro 20 muestra la distribución de acciones, como se observa el operario 1 distribuye el tiempo en la pega de piezas en un 44% y colocación de mortero en un 21%, mientras el operario 2 se enfoca en la pega de piezas alcanzando un 71%, a diferencia de la medición 1 que ambos operarios presentaban productividades similares, la figura 38 muestra que el ayudante realiza actividades contributivas a lo largo de las 400 observaciones, en la figura 39, se observa que el operario 1 alcanza un 67% de T.P mientras el operario 2 llegó a un 77%, en ambos casos el poco T.N.C fue definido por ausencias y caminatas momentáneas para traer herramientas o ir al baño.

El muestreo N°3 se llevó a cabo en el aula 06 del Edificio Oeste, al realizar la medición en este punto ya se habían pegado las cuchillas perimetrales por lo que el resto de la observación mostró el nivel productivo de pega de hiladas completas, la cuadrilla estaba compuesta de 3 operarios y 2 ayudantes según el cuadro 22, además este muestra que los operarios 1 y 2 dedicaron un 57% y 59% de las observaciones a la pega de piezas, mientras el operario 3 dedicó el 43% a esta actividad, sin embargo este se ausentó el 13% tiempo por lo que su nivel productivo no fue igual a los otros 2, con respecto a los ayudantes estos dedicaron cerca del 20% de las observaciones a la elaboración de mezcla como T.C sin embargo los mismos perdieron el tiempo hablando en el 21% de las mismas, esto lo hacían mientras los operarios se encargaban de pegar las piezas.

El muestreo N°4 se realizó en el área de comedor en el nivel 0+00 del Edificio Este, la particularidad de este espacio es la cantidad de columnas y su orientación, además durante la pega existían unos puntales que sostenían un techo provisional en uno de los ejes, lo que ocasionó que ciertos espacios no fueran completados, sin embargo, como se observa en el cuadro 24 muestra la distribución de la cuadrilla de 3 operarios y 2 ayudantes fue adecuada, ya que los operarios se dedicaron a pegar piezas alcanzando un 73%, 63% y 60%

respectivamente mientras los Ayudantes se encargaban de acomodar el material de pega como actividad productiva en cuanto al T.C el ayudante 1 se encargó de la mezcla de pega en un 42% y el ayudante 2 a la colocación de piezas en un 30%, la articulación de estas 2 actividades permite elevar el nivel productivo como muestra la figura 43, los 3 operarios presentaron valores mayores al 70% del T.P mientras los ayudantes aumentaron su T.P, mantuvieron el T.C y disminuyeron el T.N.C a 18% y 11% para los ayudantes 1 y 2.

El cuadro 26 presenta los tiempos medidos para los 2 operarios y 2 ayudantes del muestreo N°5, este se realizó en el pasillo del nivel 0+340 del Edificio Oeste, durante esta medición los operarios dividieron las áreas al ser un espacio rectangular continuo, la modulación era más simple además, la distribución de tareas se puede tomar de ejemplo, ya que del total de las 400 observaciones para cada operario estos estuvieron pegando piezas 291 y 290 de estas respectivamente, para un total del 73%, como se muestra en la figura 44, la distribución de actividades fue muy parecida para ambos debido a que cada uno tomo una sección a lo ancho en la que pegaban hiladas de 10 piezas, además la figura 45 muestra que el T.N.C es el más bajo de todas las mediciones, menor al 13% para ambos operarios, el trabajo realizado por los ayudantes fue vital para alcanzar un nivel de productivo mayor al 80%, ya que los encargados de pegar no debían esperar, ni realizar actividades contributivas debido a los porcentajes de T.C del ayudante 1 (45%) y ayudante 2 (69%).

El muestreo N°6 se desarrolló en el pasillo del nivel 0+680 del Edificio Oeste, como se muestra en el cuadro 27 la cuadrilla estaba compuesta por 3 operarios y 2 ayudantes, sin embargo a diferencia de la medición N°5 la distribución del trabajo no tan homogénea, en el cuadro 28 se observa que el operario 2 se dedicó a pegar piezas durante 317 observaciones de las 400 que se hicieron de él, mientras que el operario 3 lo hizo en 226 casi 100 menos, además influye que este último se encargó de parte del T.C dedicando el 13% del tiempo a cortar piezas, en cuanto a los ayudantes según la figura 47, ambos presentaron un T.C cercano al 50%, en esta misma figura se observa que el T.P del operario 2 (86%) dista del 61% ejecutado por el operario 3, sin embargo este último lo compensa con un 19% de T.C.

El muestreo N°7 fue el último que se tomó de esa actividad, el mismo se realizó en la zona del vestíbulo del edificio, el cuadro 30 indica la composición de la cuadrilla y la distribución de tareas, como se ha venido infiriendo a partir de las observaciones uno de los operarios enfoca su trabajo en la pega de terrazo en este caso el operario 2 alcanzando un 75% de las mediciones dedicadas a esa actividad, mientras el operario 1 realiza varias tareas tanto productivas como contributivas, esta diferencia se logra ver en la figura 48, además en esta medición se aprecia en la figura 49 que ambos ayudantes presenta valores elevados de T.N.C y que las acciones que influyen en ese porcentaje cercano al 40% van ligadas al tiempo invertido en hablar, caminar sin razón por el área de trabajo y pérdidas de tiempo en observaciones.

A partir de estas mediciones se hizo el cálculo del rendimiento de la actividad para esto se calculó cada una de las 7 mediciones tomando en cuenta la cantidad de personas, el tiempo estimado y el área en este caso concluida, el valor del rendimiento por actividad se muestra en el cuadro 32, se decide no eliminar datos ya que no presenta una variación elevada, el valor de rendimiento global para la actividad de pega de terrazo de 0,29 HH/m².

Colado de contra-pisos

Esta actividad transcurrió conforme se iban abriendo áreas para dar acabo final, se realizó un total de 14.800 observaciones en las 7 mediciones tomando en cuenta que se tomó 400 de estas por trabajador, estas abarcaron pasos comunes entre ellos: pasillos, rampas, plazoleta y gimnasio, en la mayoría de los casos se usó bomba estacionaria, sin embargo en otras se realizó un proceso de descarga directa debido a que la pipa ponía ingresar al proyecto, así como el uso de bomba telescópica cuando el sitio que iba a colarse lo permitía, se generó una serie de observaciones en cuanto al armado de la bomba estacionaria esto con la intención de determinar la afectación en el grado productivo de la actividad.

La conformación de las cuadrillas fue variable y dependía del volumen de concreto que se debía colocar, la figura 53 muestra el diagrama de flujo este describe el procedimiento general de la actividad, como proceso previo al colado estaba la colocación de la malla electro-

soldada y los separadores de recubrimiento, así como la colocación de las dovelas, en algunos casos se puso estereofón para generar juntas desligadas independientes a los elementos estructurales como columnas, luego de esto se colocaba el concreto según fuera el método o maquinaria usada, un grupo de colocadores se encargaba de distribuir de forma uniforme el concreto, otros tomaban niveles y se encargaban de emparejar la superficie a partir de codales.

El cuadro 33 muestra la distribución de recursos de la medición N°1, en este se observa la composición de la cuadrilla que se le dio seguimiento durante el colado de la losa de Gimnasio, esta contaba con 3 operarios y 2 ayudantes, en el cuadro 34 se observa la distribución del trabajo el operario 1 era el encargado de mover la tubería y coordinar la colocación de concreto, durante 134 observaciones estuvo colocando concreto contra 123 de espera por tanto la productividad de este fue muy baja apenas un 33% de T.P contra un 58% de T.N.C en el cual se toma en cuenta esperas y acciones que no producían para actividad, en cambio los operarios 2 y 3 se encargaban de distribuir el concreto y nivelarlo a partir de codales estos tuvieron 66% y 63% de T.P respectivamente, en cuanto a los ayudantes uno se encargaba de vibrar este tuvo 123 observaciones en esta actividad contra 158 de espera, el segundo ayudante sostenía el vibrador como muestra la figura 55 este tuvo un 60% de T.N.C ya que pasaba gran parte del tiempo desocupado.

Al igual que la anterior la medición N°2 contó una cuadrilla de 5 trabajadores, como muestra el cuadro 36 el operario encargado de la colocación presenta un nivel productivo bajo, este dedica apenas el 25% de la medición a la colocación y un 14% de T.C al movimiento y desarme de tubería, en la figura 55 se observa que los operarios 2 y 3 presentan un buen porcentaje actividad productiva, se confirma en la figura 57, donde ambos superan el 70% de T.P dedicado a la distribución del concreto con palas y el nivelado a partir de codales, en cuanto a los ayudantes ambos presentan niveles bajos de actividad ya que estos solo se encargaban del vibrado por lo que la mayoría del tiempo observado fue relacionado acciones de T.N.C.

El cuadro 38 muestra la distribución de los trabajadores de la medición N°3, esta actividad se realizó con bomba estacionaria al

igual que mediciones anteriores, se dio seguimiento a 3 operarios y 2 ayudantes, en este caso el operario 1 estuvo paleando concreto durante 183 observaciones y codaleando durante 160 del total de 400 observaciones mientras el operario 2 estuvo paleando durante 86 de estas y nivelando con codal durante 238 observaciones, esto hizo que alcanzaran un 86% y 84% respectivamente de T.P según la figura 59, ya que se concentraron en estas dos actividades el resto del tiempo realizaron acciones que no contribuían al proceso de colado sin embargo, estos valores de producción no los alcanzó el operario 3 encargado de la colocación y movimiento de tubería, ni ambos ayudantes que al igual que las otras mediciones contaban con porcentajes mayores al 50% de trabajo no contributivo, ya que estos solo esperaban el turno para vibrar el concreto.

La medición N°4 se realizó mediante descarga directa como muestra el cuadro 39, esta colada se realizó en la rampa sur de la plazoleta, la cuadrilla medida se componía de 4 operarios y 1 ayudante, al ser descarga directa los tiempos de espera que se observaron en las 3 primeras mediciones se reducen, además el tiempo usado en movimiento de tubería se convierte en tiempo productivo, en el cuadro 40 se observa que los operarios 2 y 3 distribuyen el tiempo entre la nivelación y el movimiento del concreto con pala, según la figura 61 estos alcanzan niveles de T.P del 75% y 82%, además el operario 4 encargado de la distribución del concreto y colocación presenta niveles más altos de trabajo productivo que el mismo encargado de las mediciones anteriores, ya que además de esta realizaba otras acciones mientras los otros operarios paleaban al final su porcentaje de T.P fue del 66%, en cuanto al operario 1 este vibraba y distribuía el concreto, diferencia marcada con las mediciones 1, 2 y 3 donde existía un trabajador dedicado solo a vibrar por lo que perdía mucho tiempo en esperas, el ayudante presente se encargaba de sostener el vibrador durante la mayor parte del tiempo.

El cuadro 41 muestra la distribución de la cuadrilla conformada por 5 operarios, además en esta medición se utilizó bomba telescópica para el colado del puente norte entre los edificios 1 y 2, al contar con este sistema de bombeo no hubo que esperar tanto tiempo entre descargas en comparación al uso de estacionaria, además como muestra el cuadro 42 los operarios 1, 4 y 5

dedicaron el tiempo a codalear y palear el concreto, el operario 3 dedico 122 observaciones a la actividad de vibrado y 153 a la distribución de concreto con pala, en este no se contaba con un ayudante para sostener el vibrador ya que el cable era corto por tanto este distribuía su tiempo en las dos tareas, alcanzando un T.P del 69%.

El muestreo N°6 se realizó en la plazoleta ubicada entre ambos edificios, el colado se hizo con bomba telescópica por dificultad de ingreso, la cuadrilla observada se componía de 4 operarios y 2 ayudantes, en este caso los operarios 1,2,3 y 4 como muestra el cuadro 44 se encargaron de distribuir concreto con pala y nivelar con codal, alcanzando 71%,76%,73% y 63% de T.P según la figura 65, en el caso de los ayudantes estos se encargaron la mayor parte del tiempo a armar y mover la tubería, alcanzando 53% de T.C el ayudante 1 mientras el ayudante 2 invirtió más tiempo en esperas esto incidió en el alto porcentaje de T.N.C (58%).

Por último la medición N°7 se realizó en el pasillo del Edificio Oeste, como muestra el cuadro 45 la colada se hizo con bomba estacionaria y se midió a una cuadrilla conformada por 5 operarios y un ayudante, el trabajo productivo fue elevado según la figura 67 los operarios 1,2 y 5 superaron el 65% de T.P , mientras los operarios 3 y 4 superaron el 75% de T.P, a diferencia de las mediciones N°1,N°2 y N°3 en la que existía un encargado exclusivo del vibrado y que no realizaba ninguna otra actividad, en este caso se observa que el operario 3 dedico 127 de las observaciones totales a este proceso pero con como muestra en la figura 66 este también realizo trabajo de distribución de concreto y con esto alcanzo un nivel productivo de 77%.

El cuadro 48 muestra el desglose de rendimientos de la actividad de colado, al igual que las demás se realizó un cálculo previo para cada una de las 7 mediciones en las que se contempló la duración en horas, los metros cúbicos en este caso colocados y el número de personas que participaban en la actividad, cabe mencionar que para la medición de productividad se seleccionó parte de la cuadrilla ya que si se tomaban más personas no se podía observar en detalle sus acciones, esto porque en el cálculo de rendimiento si se establece el número total de personas que participaron de la actividad.

Para el cálculo global se decide no tomar en cuenta los valores de rendimiento de las

mediciones N°4 y N°5, ya que estos presentan una diferencia considerable con el resto de los muestreos, en gran parte por el método de colado ya que para estos se usó descarga directa de concreto y bomba telescópica respectivamente, esto siguiendo la recomendación según se expuso en el marco teórico de cálculo de rendimientos, la medición N°6 es la que presenta el mejor valor con 0,401 HH/m³, mientras el rendimiento global de la actividad fue de 0,691 HH/m³.

Principios Lean aplicados

Como parte de la aplicación de técnicas de evaluación del nivel productivo se puso en práctica parte de las herramientas con las que cuenta Edificar S.A., de forma semanal se realizaba un cronograma con las actividades que debían completarse para ese periodo, para esto se aplicaba la técnica de Last Planner System (LPS), desarrollada por Glenn Ballard y Gregory Howell discutida en el marco teórico, los días martes se realizaba una reunión de control y seguimiento de actividades en las cuales se mostraba cada programa semanal, este tenía como objetivo dar seguimiento y establecer plazos para culminación de actividades, el contratista debía ir a cada reunión para tener claro las metas establecidas y discutir sobre la capacidad de lo que se le asignaba, parte de la reunión funcionaba como un espacio de conversación y exposición de situaciones, ya que si un contratista era retrasado por la actividad de otro este podía hacerlo saber.

Durante la semana se realizaba un seguimiento y se pedían resultados, sin embargo algunas actividades no eran completadas, en el Apéndice 5 se muestra un ejemplo de la plantilla entregada a los subcontratistas, en la misma se indicaba el espacio y la actividad en la cual se debía desarrollar la tarea, por tanto este se dividía en actividades de obra gris y acabados, estos a su vez se dividían por niveles y edificios, por ejemplo se establecía la actividad de repello del eje 1-2 en el nivel 0+00 del edificio este, lo anterior ubicado en la sección de obra gris.

A partir de la definición de actividades se establecía el responsable de cada una, en este caso el subcontratista, luego de esto se definía la meta, si la tarea debía completarse al 100% o a un porcentaje menor, esto se establecía según

una serie de días a partir de martes hasta el día lunes de la siguiente semana, ese mismo lunes se realizaba la revisión final de actividades y se indicaba el logro de cada una, estos datos se procesaban para obtener un valor total de tareas completadas, si la actividad llegaba a la meta se indicaba un "1", si esta era menor al porcentaje establecido se indicaba un "0", al promediar esta numeración se obtenía un porcentaje, según se establecía como mínimo 70%. de actividades completadas (PAC).

Durante la aplicación del LPS se les dio especial atención a las actividades escogidas, con respecto al colado de contra-piso este no sufrió atrasos importantes además, esta actividad era programada contra boleta según el distribuidor de concreto por lo que no se presentó problemas de cumplimiento, al igual que la actividad de terrazo en la totalidad de programaciones semanales el subcontratista siempre llegó a la meta asignada, en este caso se programaba la pega de terrazo de todos los aposentos de un nivel para 5 días, al tener prioridad sobre otras actividades el espacio se cerraba y luego de la fragua el aposento quedaba listo para las demás actividades.

En el caso del repello de paredes hubo una serie de incumplimientos apilados durante semanas, dentro de los problemas identificados estaba la cantidad y distribución de la mano de obra, el contratista llegó a tener 38 personas dedicadas a repello externo e interno, sin embargo al contar con varios frentes de trabajo este movía las cuadrillas, por lo que no se completaban espacios, además la calidad de los operarios no era homogénea, como se observó en la mediciones de Crew Balance N°1, N°2, N°3 y N°4 había operarios que perdían el tiempo en actividades no contributivas en porcentajes importantes, ocasionando atrasos, debido a la importancia de la actividad, y al no terminar aposentos actividades subsecuentes no daban inicio como ejemplo, no se podía completar la actividad de empaste ya que los buques y secciones de pared no contaban con el afinado y esta a su vez atrasaba la colocación de ventanería, cielo suspendido y puertas, tareas imprescindibles para la instalación de aparatos.

Lo anterior era contemplado semana tras semana, al observar los incumplimientos se decide seccionar parte del contrato y traer otro subcontratista, este trajo más personal y una de las indicaciones era completar aposentos para

evitar atrasos como los de la empresa anterior, como se observó en los muestreos 5,6 y 7 la actividad productiva fue mayor, esto demuestra la importancia de generar herramientas de control y seguimiento como complemento a la medición de eficiencia de una actividad.

En la figura 68 se muestra el balance de los porcentajes de actividades completadas en parte del periodo de práctica, como se observa las actividades en general estuvieron por debajo de las estimaciones y del 70% mínimo aceptable, la semana con mayor índice (PAC) fue la del 17 de julio, mientras que la de menor fue la del 7 de agosto, este gráfico apilaba cada una de las semanas y calcula un promedio con respecto a la semana anterior, en la misma figura se puede observar que este promedio no cumple con el mínimo establecido.

A partir de cada evaluación semanal se establecía una serie de causas directas por las cuales la actividad no alcanzaba la meta, entre estas falta de materiales, por atrasos relacionados al subcontratista, clima, mala planificación o actividades precedentes, la figura 69 muestra las causas de no cumplimiento de actividades o (CNC), se observa que con un 33% del total se atribuye al contratista, esto indica que una tercera parte de todas las actividades que no se completaron fueron provocadas por falta de planificación del subcontratista, como segunda causa estaba la inadecuada planificación, ocasionada por choque de actividades o sobrecarga de subcontratista, lo rescatable de ambas causas es que una adecuada planificación de ambas partes haría disminuir el incumplimiento de tareas.

Según el LPS la influencia de la actividad precedente se presenta como la tercera causa, en el caso del repello de paredes el estado de los elementos ocasionaba retrasos ya que en la mayoría los que fueron colados con paneles se tuvo que realizar un proceso de pica o resane ya que en algunos hubo desplome debido a la apertura de paneles, esto ocasiono retrasos importantes en ciertas áreas, en el caso del terrazo al no contar con cubierta algunos aposentos no podía iniciar el proceso de pega debido a que la lluvia lavaría el mortero y la fragua, en el caso del colado las tareas de reparación podían atrasar por ejemplo la colocación de malla electro-soldada y previstas electromecánicas así como la conformación del suelo.

Causas de baja productividad

Como parte de la identificación de la problemática se decidió realizar una serie de entrevistas al personal con estas se pretendía evidenciar situaciones que según la percepción de estos podrían influir en la productividad de los procesos, para realizar estas se tomó personal de la empresa encargados de distribuir y manejar cuadrillas, así como subcontratistas encargados, operarios y peones de los procesos analizados entre ellos repellos y pega de terrazo.

La figura 70 muestra los resultados de la pregunta 1, esta se enfocaba en la percepción del ambiente laboral en el proyecto, a los encuestados se les dio 4 opciones, el 57% dijo que este era bueno mientras el 43% mencionó que era regular, al consultar porque no era excelente, se indicó por parte de algunos que los atrasos generados por otros subcontratistas y el daño de áreas terminadas hacían que no fuera ideal, sin embargo no era malo.

La figura 71 muestra las respuestas de la pregunta 2 esta hacía referencia a los materiales para desarrollar la actividad, se les consultó si en el proyecto siempre se les brindaba los requerido para cumplir la función el 43% indicó que siempre, otro 43% dijo que usualmente mientras un 14% a veces, al consultar estos mencionaron que durante el desarrollo de la actividad se han visto atrasados por la falta de material, estos hacía referencia a la actividad de repello, indicaron que en algunas ocasiones debían esperar hasta medio día para iniciar actividad por falta de sacos de repello.

En cuanto a la pregunta 3 los encuestados respondieron que la empresa no les daba ningún incentivo adicional, por realizar su trabajo, aspecto que podría mejorarse para mantener niveles de compromiso y percepción de reconocimiento elevado, estas últimas herramientas que pueden colaborar con la mejora de la eficiencia en el personal.

La figura 73 muestra la respuesta de la pregunta 4, enfocada en el ambiente laboral, se le consultó a los trabajadores si creían que este influía en el desempeño un 71% dijo que si, mientras el 29% dijo no creer que las relaciones interpersonales afectaran, según estos el concentrarse en su trabajo ayudaba a que las condiciones con los demás no pesaran en el desempeño.

Se consultó a los trabajadores si recibían algún tipo de charla, capacitación o indicaciones claras que colaboren en el desempeño de la actividad que realizaba, la figura 74 muestra que el 57% de ellos dijo que si, en relación a la capacitación uno de ellos dijo estar asistiendo a un curso promovido por la empresa para su mejora profesional en el colegio de ingenieros, sin embargo, el 14% dijo no haber recibido ninguna capacitación o indicación específica de mejora sobre el trabajo que realiza.

La figura 75 muestra las repuestas a la pregunta 6, esta consultaba sobre la importancia del número de personas que componen la cuadrilla y si este número influye en la productividad de actividad, según la figura 73 el 57% de las personas dijo que el número es relevante en buena parte, esto según dijeron para distribuir el trabajo, mientras el 43% dijo que el número de personal tenía influencia media.

Por último, la figura 76 muestra una serie de acciones que debían calificarse según su incidencia, fuera esta alta media o baja, el 100% de los encuestados indicó que la presencia de insumos a tiempo en el proyecto, la coordinación entre subcontratistas y la capacitación en el área que desempeñan, tenían un alto grado de importancia de ahí el 100%, mientras la experiencia en la actividad que desarrolla, el traslado de materiales y el ambiente laboral en el trabajo fue identificado como importante en el 70% de los casos, mientras en el tema de la supervisión de la actividad, los trabajadores contestaron en un 57% que tiene importancia, mientras un 43% dijo que la importancia era media.

Causas identificadas para el repello de paredes

Además de entrevistas se hizo un recuento de las causas de baja productividad observadas durante la ejecución de los tres procesos, mediante esquemas se agrupó según el origen de estas, la figura 77 muestra el diagrama de Ishikawa para el proceso de repello de paredes, como menciona Acevedo, P. (1991), a partir de un problema encontrado, en este caso los atrasos en el repello de paredes, se realiza un lluvia de ideas que dé con los factores contribuyentes, como se observa la primera se

enfoca en trabajos rehechos, durante el proyecto hubo varios cambios debido a ajustes de aposentos ya que estos no cumplían con la normativa técnica bajo la que se regía el colegio por ser ejecutado bajo la figura de fideicomiso, entre ellos amplitud de buques de puerta o área mínima de ventanería, durante el proceso se obvió algunas de estas dimensiones que luego de estar acabadas en algunas áreas se debía picar y ajustar medidas, aquí también se identificó falta de supervisión por parte de los encargados ya que en algunos espacios los niveles no eran adecuados y estos se evidenciaban hasta la entrada de otros subcontratistas por lo que se debía atrasar actividad para realizar la corrección.

Con respecto al trabajo no productivo se evidenció en los muestreos que gran parte de las pérdidas se deben a ineficiencia del personal, en algunos casos el operario encargado de repello se encargaba de reducir su trabajo a la observación, los desplazamientos no fueron tema relevante ya que el sitio donde se construía era compacto, por lo que las distancias a la zona de baños o bodega de material no eran relevantes, sin embargo se observó que algunos ayudantes tardaban más ya que se quedaban hablando con otros trabajadores por lo que se perdía tiempo de forma innecesaria y las esperas por material de los operarios podían ampliarse según el ayudante, con respecto a la entrega de material, se observó en 3 ocasiones que el material para repello se atrasó lo que ocasionaba horas de paro de actividades o ritmo lento de trabajo.

Uno de los factores determinantes durante la observación del proceso fue la cantidad de tiempo invertido en picas estas ocasionadas por la apertura de paneles durante la etapa de colado como se muestra en las figuras 78 y 79, debido a la mala práctica del contratista encargado de formaleta, lo que implicaba atrasos en ciertas áreas ya que los elementos presentaban diferencias hasta en centímetros esto impedía terminar el repello ya que en algunos casos se debía rellenar usando malla electro-soldada para que el repello no se cayera y en otros eliminar el exceso de concreto mediante picas, otro factor es que el contratista no contaba con taladros T9, por tanto la empresa constructora debía prestar los que tenía en bodega y alquilar para adelantar el proceso, sin embargo la cantidad de problemas en todos los aposentos y fachadas genera atrasos importantes y que el contratista no cumpliera las metas como

se ve el cronograma de LPS en la sección de apéndice.

La figura 80 muestra un diagrama de Pareto, este se utilizó para definir cuales causas identificadas como trabajo no productivo, tienen mayor impacto en la productividad global de la cuadrilla, para este se eligió la medición N°3, del total de los 4 operarios que componían la cuadrilla se obtuvo 1600 observaciones de esa medición, 671 se clasificaron como T.N.C lo que indica que el 41% de la medición total de la cuadrilla no realizó ninguna actividad que aumentó el valor del proceso y como muestra el diagrama las dos causas principales fueron la pérdida de tiempo observando sin razón y el tiempo que estuvieron ausentes de la actividad el resto de las acciones apenas representan el 20% del trabajo no contributivo.

Causas identificadas para la pega de terrazo

En la figura 81 se muestra el diagrama de Ishikawa para la actividad, durante el desarrollo de esta y respaldado en los resultados el proceso presentó un buen nivel productivo, sin embargo, se identificaron algunas causas, entre ellas los trabajos rehechos, durante las mediciones se identificó errores como pega en áreas en las cuales iba otro material, además en las entradas de las puertas se pedía dejar un corte o cuchilla para hacer un cambio de aposento, al revisar si se había seguido la indicación en muchas de los aposentos no se realizó por lo que se debía quitar las piezas y realizar lo que se pedía, factores que pueden evitarse realizando una mejor supervisión de la actividad.

Con respecto a los materiales a diferencia de otros pisos, el mortero de pega y la pasta usada se hacían en sitio, lo que implicaba tiempo para la realización de estos, el sitio de trabajo trataba de mantenerse despejado, ya que por aposento se dejaban las tarimas con las piezas de terrazo, montículos de arena, sacos de cemento y estañones con agua, estos 4 elementos eran los necesarios para ejecutar el proceso. En cuanto a las actividades precedentes al igual que el repello el estado de las columnas y muros de concreto hacía evidente algunos defectos, entre ellos espacios entre las piezas y las paredes o cuchillas pequeñas que implicaban

un proceso de corte como se muestra en la figura 82 y 83.

En la figura 84 se observa el diagrama de Pareto para el muestreo N°3 de pega de terrazo, en total se realizó 2000 mediciones para los 3 operarios y 2 ayudantes de estas 659 fueron clasificadas como T.N.C, lo que representa un 33% de la actividad, como muestra la figura las acciones más frecuentes se relacionaron a hablar entre miembros de la cuadrilla y tiempo observando sin razón, de estos valores se puede destacar que el mayor porcentaje de T.N.C lo producen los 2 ayudantes, ya que mientras los operarios pegaban piezas estos hablaban.

Causas identificadas para el colado de contra-pisos

El diagrama de Ishikawa para esta actividad se muestra en la figura 85, una de las causas que afecta la rapidez y por tanto productividad del colado es el trabajo rehecho, durante el muestreo N°5 del puente norte, cuando se iba finalizando la actividad, se observó una diferencia de nivel al medir el espesor se encontraba 1 pulgada por encima, debido a esto se tuvo que sacar parte del concreto que se encontraba nivelado y planchado para llegar al nivel adecuado, una de las razones principales de este problema fue la verificación previa y del nivel en planos y la medición durante el colado tomando en cuenta que todos contaban con acceso a los planos.

Otro de los factores se identificó durante las coladas en las se usó bomba estacionaria, como se observó en los resultados parte del T.N.C recaía en las esperas por el movimiento de tuberías como muestra las figuras 86 y 87, por las condiciones de avance de las áreas que se colaban la única manera de hacerlo era mediante este método de bombeo sin embargo se identificó tiempo perdido durante cada cambio de segmentos.

Además de estos factores se identificó que la distribución de cuadrillas en algunos muestreos no era la adecuada mientras en algunas mediciones la persona que vibraba solo se dedicaba a esto pasando gran parte del tiempo en esperas y sumando T.N.C otros muestreos como el N°6 el mismo operario que

vibraba, en tramos que no debía hacerlo se incluía en la tarea de distribución de concreto por lo que los tiempos de espera en este muestreo eran menores.

La figura 88 muestra el diagrama de Pareto para la actividad, para esta se tomó el muestreo N°2, en el cual la cuadrilla se componía de 3 operarios y 2 ayudantes a estos se les tomo un total de 2000 observaciones de las cuales 947 se clasificaron como T.N.C, lo que represento un 47% del total del muestreo, esto indica que casi la mitad del tiempo observado no contribuyo a la culminación de la actividad, el grafico muestra las causas principales entre ellas, la espera para el vibrado y el tiempo que estuvieron hablando y observando, la primera causa reafirma la problemática de la distribución de cuadrillas ya que en esta medición 2 personas se dedicaban a esperar la mayor parte del tiempo, mientras el resto participaba activamente la mayor parte del tiempo, por esto se indicó que la persona que se encarga de vibrar y su ayudante puedan alternar esta actividad con otras en lapsos que estén solo esperando, el resto de acciones evaluadas como caminar y esperas para colocar no influyeron tanto como las tres mencionas.

Propuesta de Mejora

El cuadro 39 muestra la problemática identificada a partir de la recopilación de opiniones y observaciones, la propuesta se hizo considerando aspectos generales que afectan el funcionamiento de los procesos y que generan atrasos en las tareas dependientes de estos y asignando un responsable para cada una de las propuestas.

Establecer procedimientos para las empresas que no cumplen los plazos de entrega o presentan actividades deficientes y mantener un control estricto sobre lo que se recibe, con esto se evita realizar actividades adicionales para reparar lo que se hizo mal desde el inicio y pudo ser suspendido durante las primeras revisiones de calidad.

Generar una programación de material más precisa que agilice la solicitud de insumos, si algún proveedor no puede asumir la orden tener un margen temporal, para cambiar a otro proveedor y no generar tiempos muertos por falta de material como se observó en algunas ocasiones.

En cuanto al personal se hace referencia a un programa detallado de cuadrillas, la observación permitió identificar mala distribución en actividades un ejemplo de este el colado, al establecer un orden con los encargados de actividad, se puede estimar la cantidad de personal indicada sin incurrir en gastos por duplicidad de funciones.

Al momento de contratar personal la empresa debería de asegurar que la persona está al menos capacitada para realizar la tarea, además durante la entrevista se indicó que las actualizaciones y charlas sobre las actividades son escasas o nulas y las indicaciones no siempre son claras, sin embargo, una inversión en capacitación puede mejorar el funcionamiento de las cuadrillas y reducir los tiempos invertidos en correcciones.

Otro de los factores a mejorar es la culminación de aposentos, era común observar áreas con espacios acabados y otros en proceso de resane, al dejar pasar estos detalles se estaba atrasado de la misma forma al contratista siguiente, de ahí la importancia de entregar espacios completos y establecer medidas que comprometa a estos desde el inicio de la actividad.

Al avanzar en la etapa de acabados los espacios que funcionaron como bodega fueron ocupados periódicamente, asignar un sector para el almacenamiento es vital para evitar desorden en los demás aposentos, aunado a esto la coordinación de entregas de material debe hacerse según sea necesario para la actividad.

Por último, establecer controles en el manejo de las herramientas del proyecto, permite planear con anticipación el desarrollo de las tareas, una mejor coordinación facilita la identificación de los materiales con los que se cuenta y permite actuar de forma más ágil si existen atrasos por falta de estas.

Conclusiones

- A partir de observaciones se definió que la actividad de repello debía replantearse ya que presentaba problemas de avance relacionados al nivel productivo de las cuadrillas y resane de la actividad precedente.
- Se dio seguimiento al proceso de Instalación del Terrazo ya que presentaba prioridad sobre otras actividades y se constató que su nivel productivo no atrasara las demás tareas.
- Se midió el nivel productivo y rendimiento de la actividad de colado de contra-piso, debido al peso económico del material y la observación de tiempos muertos durante el proceso, así como desequilibrio de cuadrillas.
- Mediante el Last Planner semanal se logró hacer un control de las actividades, así como una estimación del porcentaje de cumplimiento de cada subcontratista, este porcentaje permitió identificar incumplimiento de metas, uno de ellos por parte del encargado de repello y tomar la decisión de cambiar a otro subcontratista.
- A partir de la aplicación de Crew Balance se obtuvieron 10.800 observaciones de la actividad de repello de paredes, se determinó que el promedio de trabajo productivo (T.P) de los operarios del primer subcontratista fue del 49%, contra un 63% de trabajo productivo de los del segundo contratista, lo que indicó que hubo un aumento en el nivel productivo de la actividad a partir del cambio.
- Se determinó que de las 11.600 mediciones tomadas en los 7 muestreos con la técnica Crew Balance de la actividad de terrazo, clasificaban como trabajo productivo entre el 45% y 55%, cerca del 25% a trabajo contributivo y otro 25% a trabajo no contributivo, lo que confirma un desempeño aceptable.
- De las 14.800 observaciones de colado de contra-piso tomadas con la técnica Crew Balance, se determinó que el trabajo productivo variaba entre el 50% y 70%, debido al método de bombeo, alrededor de un 10 % de trabajo contributivo y 30% de trabajo no contributivo, donde el muestreo N°7 fue el que tuvo mejor desempeño.
- Se calculó una serie de rendimientos para los tres procesos de análisis, de estos se promedió los valores más cercanos obviando los datos atípicos, como se indicó en el marco teórico, se obtuvo un valor global de 0,567 HH/m² para la actividad de repello, además los rendimientos calculados para el segundo contratista fueron mayores que los del antiguo, lo que confirma un aumento productivo con el cambio, para la actividad de pega de terrazo el rendimiento global fue de 0,291 HH/m² y 0,571 HH/m³ para el colado de contra-pisos.
- Se realizaron diagramas de Pareto con las acciones clasificadas como trabajo no contributivo (T.N.C), para el proceso de repello se obtuvo que el 80% de las causas de T.N.C se deben a pérdida de tiempo observando y tiempo ausente del sitio de trabajo, en el caso del terrazo el tiempo hablando y observando en cuanto al proceso de colado las acciones identificadas en el Pareto fueron las esperas para el vibrado de concreto y el tiempo perdido hablando.

- Mediante diagramas de Ishikawa se determinó que parte de las causas de baja productividad en la actividad de repello se debe a problemas con la actividad previa de colado, por el exceso de picas, además de un mal manejo de cuadrilla e inexperiencia en la actividad, esto a falta de un filtro que asegure la capacidad de las personas que se contratan.
- En cuanto a la pega de terrazo se encontraron problemas relacionados a trabajos rehechos debido a la falta de supervisión, exceso de cuchillas o aberturas por el estado de las paredes, en el proceso de colado se identificó pérdidas excesivas durante el armado y desarmado de la bomba estacionaria, además de trabajos rehechos por falta de verificación de niveles.
- Las propuestas realizadas se orientan al mejoramiento del control de obra, estableciendo procedimientos que obliguen al contratista al cumplimiento de actividades, incrementando el control y número de cuadrillas, así como la recepción de espacios terminados exigiendo acabado total, evitando re-trabajos y obstrucciones posteriores.

Recomendaciones

- A partir de los resultados de la entrevista se plantea realizar programas de capacitación entre ellos charlas cortas de manejo de maquinaria y procesos estandarizados, esto con la intención de evitar errores por omisión o desconocimiento.
- Realizar un control de trabajo empleando las herramientas con las que cuenta la empresa entre ellos LAST PLANNER y SINA, para identificar errores desde el inicio y evitar re-trabajos debido a la falta de supervisión detallada de los procesos.
- Realizar reuniones cortas de forma diaria con los encargados de subcontratos y revisar el progreso definido en las reuniones de planificación, tiempo clave que evidencia posibles conflictos y que pueden ser resueltos debido a la presencia de todo el equipo de la obra.
- Generar una planificación semanal de entrada de insumos junto al encargado de bodega, con esto se garantiza un lugar para almacenar y mantener espacios únicos dedicados a material.
- Establecer calendarios de maquinaria y herramienta según la programación de actividades, esto asegura que el equipo este en uso y no deba rotarse y atrasar la culminación de una actividad.
- Realizar una planificación de personal junto a cada encargado ya sea maestro de obra o segundo durante cada fecha de corte, con esto se evitan cambios en la planilla que puedan afectar el funcionamiento de las actividades por falta de personal.
- Establecer un cronograma de espacios terminados, implantando pre-punch a partir de la recepción de cada tarea.
- Realizar un control de desechos semanal con la intención de identificar si hay desperdicio por mala ejecución de la actividad, a partir de esto definir responsables y replantear el proceso si es necesario.
- Dar seguimiento a las actividades y establecer una productividad máxima, con esto se busca estandarizar procesos, aumentar eficiencia y reducir sobrecostos en planilla por personas en tareas específicas.
- Realizar una programación secuencial que no provoque re-trabajos por daños en áreas terminas y entregadas.
- Evitar en lo posible la rotación de personal y encargados de subcontrato, esto debido al tiempo necesario para acoplarse al ritmo del proyecto o actividad.

Apéndices

En esta sección se muestra parte los productos y materiales usados para desarrollar este documento:

- Apéndice 1. Tablas de recolección de observaciones en muestreos de Crew Balance para la actividad de Repello.
- Apéndice 2. Tablas de recolección de observaciones en muestreos de Crew Balance para la actividad de Pega de Terrazo.
- Apéndice 3. Tablas de recolección de observaciones en muestreos de Crew Balance para la actividad de Colado de Contra-piso.
- Apéndice 4. Porcentaje global de productividad por proceso.
- Apéndice 5. Cronograma Semanal de Last Planner System aplicado en el proyecto.
- Apéndice 6. Entrevista aplicada a trabajadores en el proyecto.
- Apéndice 7. Planta de distribución y registro fotográfico.

| Descripción de actividades Muestreo Número 6 - Pega de Terrazo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--|----|----|-------------------|------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|--------------|---------------|---|----|-------------|----|--|--|
| 1 Pegando | | | | | 4 Pintando piezas | | | | | 7 Colocando piezas | | | | | 10 Hablando | | | | | | |
| 2 Haciendo Mezcla | | | | | 5 Midiendo | | | | | 8 Colocando base | | | | | 11 Caminando | | | | | | |
| 3 Corta de piezas | | | | | 6 Barriendo | | | | | 9 Ausente | | | | | 12 Observando | | | | | | |
| Ubicación: Pasillo 3° Nivel | | Características físicas de cada trabajador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 03/09 | | Casco Azul | | | | Casco Rojo | | | | Camisa Azul | | | | Camisa Negra | | | | Camisa Roja | | | |
| Clima: 25°C | | Operario 1 | | | | Operario 2 | | | | Operario 3 | | | | Ayudante 1 | | | | Ayudante 2 | | | |
| # Obs | Hora I | Operario 1 | | | | Operario 2 | | | | Operario 3 | | | | Ayudante 1 | | | | Ayudante 2 | | | |
| 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 3 | | 6 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 4 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 7 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 8 | | 10 | 11 | 9 | 9 | 11 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 9 | | 12 | 12 | 12 | 5 | 5 | 5 | 11 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 10 | | 5 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 | 11 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 11 | | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 12 | | 6 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 13 | | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 14 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 15 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 16 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 17 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 18 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 19 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 20 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 | 6 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 21 | | 6 | 6 | 1 | 10 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 22 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 23 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 24 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 25 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 12 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 26 | | 12 | 12 | 12 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 27 | | 8 | 8 | 8 | 8 | 11 | 5 | 5 | 5 | 11 | 11 | 12 | 11 | 5 | 5 | 5 | 12 | 12 | 1 | | |
| 28 | | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 29 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 30 | | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 31 | | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 32 | | 12 | 12 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 5 | 5 | 5 | 11 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 12 | | |
| 33 | | 12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 34 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 35 | | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 36 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 37 | | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 11 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 38 | | 5 | 5 | 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 39 | | 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 12 | 12 | 12 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 40 | | 8 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | | |
| 41 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 42 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 43 | | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 44 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 45 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 46 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 11 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 12 | | |
| 47 | | 10 | 11 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 11 | | |
| 48 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 | 6 | 12 | | |
| 49 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 50 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |

09:40

| Descripción de actividades Muestreo Número 3 - Colado de Contrapiso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|----|----------------------|----|-------------|----|-------------------------|----|------------|----|---------------|----|---------------|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 Colocando concreto | | | | 4 Paleando | | | | 7 Esperando para colar | | | | 10 Caminando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Vibrando | | | | 5 Sujutando vibrador | | | | 8 Esperando para vibrar | | | | 11 Observando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Moviendo tubería | | | | 6 Codaleando | | | | 9 Hablando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación:Gimnasio | | Características físicas de cada trabajador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 08/09 | | Casco Blanco | | | | Camisa Azul | | | | Casco Rojo | | | | Camisa Morada | | | | Chaleco Verde | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clima: 20°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # Obs | Hora l | Operario 1 | | | | Operario 2 | | | | Operario 3 | | | | Ayudante 1 | | | | Ayudante 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 08:30 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | | | |
| 2 | | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | | | |
| 3 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 11 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | | |
| 5 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | | |
| 6 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | |
| 7 | | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | | |
| 8 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 9 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 10 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 11 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 12 | | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 13 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 14 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | |
| 15 | | 4 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | |
| 16 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 17 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 18 | | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 19 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 20 | | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | |
| 21 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 22 | | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 23 | | 11 | 6 | 6 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 24 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 25 | | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 26 | | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 10 | 4 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 27 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 28 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 11 | 11 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 29 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 30 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 10 | 3 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 31 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 32 | | 11 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 4 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 33 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 34 | | 4 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 35 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 36 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 11 | 11 | 7 | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| 37 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 38 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 11 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 11 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 39 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 40 | | 10 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 11 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | 11 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | | |
| 41 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 | | |
| 42 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 |
| 43 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 |
| 44 | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| 45 | | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 10 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 46 | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Descripción de actividades Muestreo Número 4 - Colado de Contrapiso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|----|----|----|----|----|----|---|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|------------|---|------------|---|---|---|---|---|-------------|---|---|---|--------------------------|---|---|---|----------------|---|---|---|---|---|--|--|
| 1 Colocando concreto | | | | | | | | | | 4 Sujetando vibrador | | | | | | | | | | 7 Hablando | | | | | | | | | | 10 Esperando para vibrar | | | | | | | | | | | |
| 2 Vibrando | | | | | | | | | | 5 Codaleando | | | | | | | | | | 8 Caminado | | | | | | | | | | 9 Observando | | | | | | | | | | | |
| 3 Paleando | | | | | | | | | | 6 Esperando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación: Rampa Sur | | Características físicas de cada trabajador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 03/09 | | Camisa Negra | | | | | | | | Camisa Morada | | | | | | | | Casco Rojo | | | | | | | | Camisa Café | | | | | | | | Casco Amarillo | | | | | | | |
| Clima: 26°C | | Operario 1 | | | | | | | | Operario 2 | | | | | | | | Operario 3 | | | | | | | | Operario 4 | | | | | | | | Ayudante 1 | | | | | | | |
| # Obs | Hora I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12:10 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 7 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 3 | | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | | |
| 4 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | | |
| 5 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 6 | | 2 | 2 | 3 | 3 | 9 | 9 | 2 | 2 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | |
| 7 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | | | |
| 8 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 9 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 10 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 11 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 12 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 13 | | 10 | 10 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 14 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 15 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 16 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 17 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 18 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 19 | | 8 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 20 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 21 | | 8 | 8 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 22 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 23 | | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 24 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 25 | | 3 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 26 | | 2 | 2 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 27 | | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 8 | 8 | 8 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 28 | | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 29 | | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7 | 8 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 30 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 31 | | 10 | 10 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 32 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 33 | | 8 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 34 | | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 35 | | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 36 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 37 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 2 | 2 | 2 | 8 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 38 | | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 39 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 40 | | 3 | 3 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 41 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | | | | |
| 42 | | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | | |
| 43 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 44 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | | | | | |
| 45 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 46 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 47 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 8 | 8 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 48 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 9 | 9 | 8 | 8 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 49 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 50 | | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 9 | 9 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |

| Descripción de actividades Muestreo Número 7 - Colado de Contrapiso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|----|-------------------------|----|----------------|----|------------------------|----|------------|----|---------------|----|------------|----|----|----|---------------|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 Colocando concreto | | | | 4 Paleando | | | | 7 Esperando para colar | | | | 10 Observando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Vibrando | | | | 5 Codaleando | | | | 8 Hablando | | | | 11 Midiendo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Moviendo tubería | | | | 6 Esperando para vibrar | | | | 9 Caminando | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación: Pasillo Oeste | | Características físicas de cada trabajador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: 07/08 | | Casco Blanco | | | | Camisa Naranja | | | | Casco Rojo | | | | Casco Azul | | | | Chaleco Verde | | | | Camisa Roja | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clima: 21°C | | Ayudante 1 | | | | Operario 1 | | | | Operario 2 | | | | Operario 3 | | | | Operario 4 | | | | Operario 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # Obs | Hora l | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | |
| 1 | 10:00 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | | |
| 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | | | | | | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | | |
| 4 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | |
| 5 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | | | |
| 6 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7 | 7 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | | | | | |
| 7 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |
| 8 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 9 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 10 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 11 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 12 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 13 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 14 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 15 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 8 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 8 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | |
| 16 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | |
| 17 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | |
| 18 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| 19 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| 20 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | |
| 21 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 2 | 2 | 10 | 10 | 10 | | |
| 22 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| 23 | | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| 24 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 25 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 26 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 27 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 28 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| 29 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 30 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 31 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 32 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| 33 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 34 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 35 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 36 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 37 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 38 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 39 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 40 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 41 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 42 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 43 | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 44 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 9 | 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 45 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 9 | 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 46 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 47 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 48 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| 49 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 11 | 5 | 5 | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Apéndice 4. Porcentaje global de productividad por proceso.

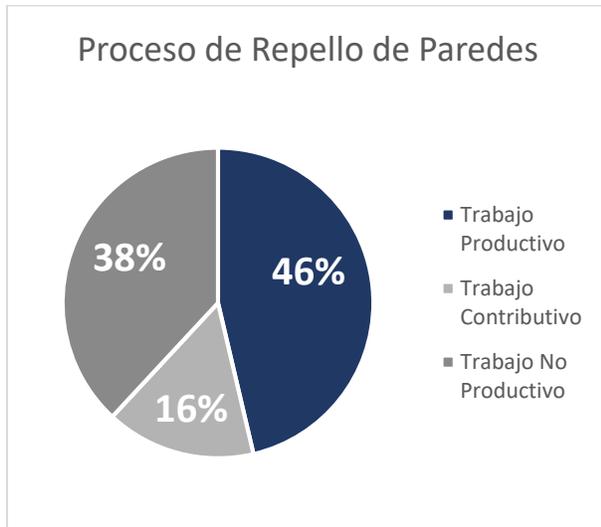


Figura 89. Distribución general de trabajo muestreo N°1-2-3-4

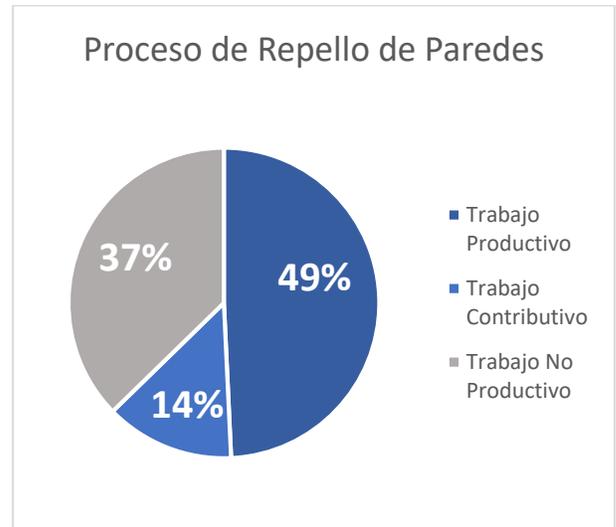


Figura 91. Distribución general de trabajo para operarios muestreos N°1-2-3-4

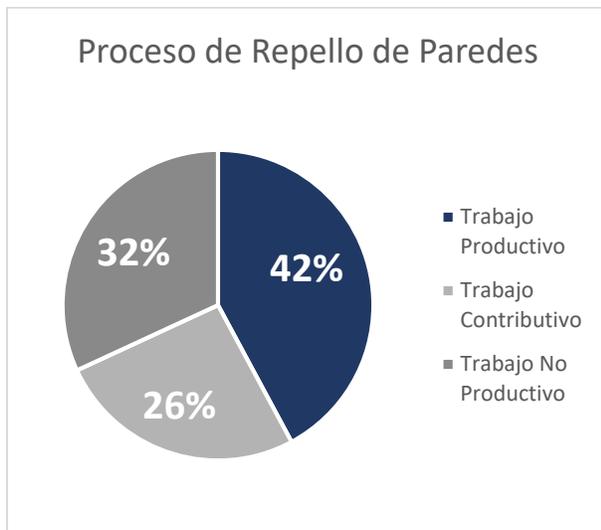


Figura 90. Distribución general de trabajo muestreo N°5-6-7

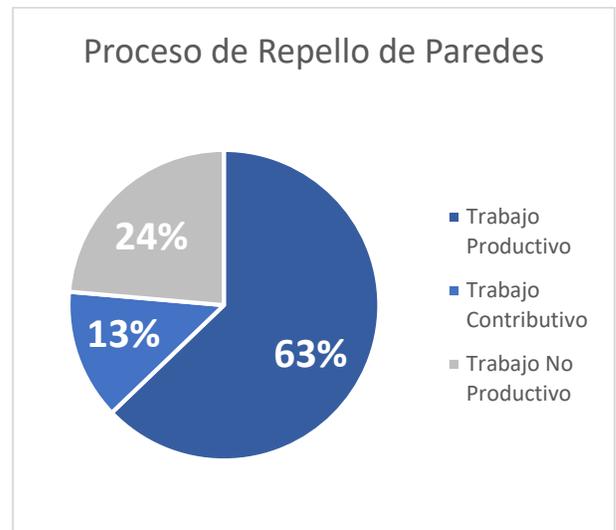


Figura 92. Distribución general de trabajo para operarios muestreos N°5-6-7

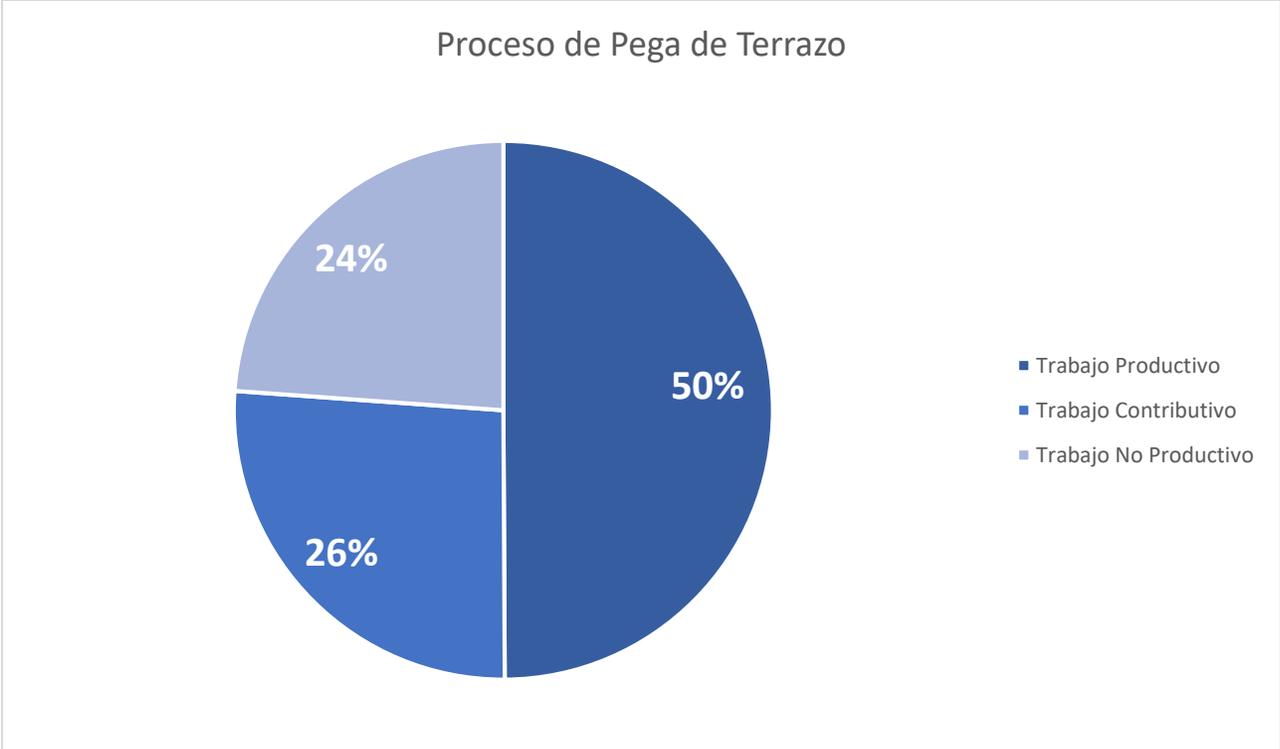


Figura 93. Distribución general de trabajo para los muestreos

Apéndice 5. Cronograma Semanal de Last Planner System aplicado en el proyecto.

| ID | Actividad | Resp | Meta | Logro | Cal | K 14 | M 15 | J 16 | V 17 | S 18 | D 19 | L 20 | Falta de Materiales | Falta de mano de obra | Herramientas y Equipos | Subcontratista | Clima | Act. Precedente | Inspección y Propietario | Cambios de diseños | Inadecuada planificación | Submitar. RFI's y Otros | | |
|----|---|------------------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------|-------|-----------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|---|---|
| 1 | Colegio Occidental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Obra Gris | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Edificio Este | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Nivel 0+00 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Nivel 0+340 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Nivel 0+680 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Edificio Oeste | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Nivel 0+000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Repello Ejes 1-4 | Edicar del Valle | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Repello Ejes 5-9 | Edicar del Valle | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 11 | Colado de vigas y columnas en baños | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Formaleta de vigas y columnas de baños | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Colado de vigas y columnas de baños | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Repello Ejes 5-7 | Edicar del Valle | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Formaleta de vigas y columnas de baños | Edificar | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 18 | Colado de vigas y columnas de baños | Edificar | 100% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 19 | Repellos Ejes 1-7 | Edicar del Valle | 70% | 70% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Puentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Colocación de malla electrosoldada Puente Norte | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Colado de Puente Norte | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Exteriores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Muestra de pintura fachada este | BBG | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Repello pared fachada este | Edicar del Valle | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Vestidores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Repello de buques de puertas y ventanas | Edicar del Valle | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Paredes livianas | Roswell | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Plazoleta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Estructura Metálica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | Estructura Metalica Puente Sur | Yeril | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Colocación de Metaldeck Puente Sur | Yeril | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 33 | Colocación de Tablero | Yeril | 40% | 20% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 34 | Techo Eje 9-10 | Yeril | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Cubierta de Techo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Pasillo en Edificio Este | Buildtech | 60% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 37 | Pasillo en Edificio Oeste | Buildtech | 60% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 38 | Infraestructura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Limpieza y excavación para tanques | Edificar | 10% | 10% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | Acabados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | Edificio Este | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Nivel 0+000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | Sello de paredes de desligadas | Promatco | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 44 | Pega de Quarry | Rocam | 80% | 80% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | Colocación de marcos de ventana eje B | Vidrios Brenes | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | Colocación de vidrios eje B | Vidrios Brenes | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Colocación de marcos de ventana Ejes 1-2 | Vidrios Brenes | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Colocación de vidrios Ejes 1-2 | Vidrios Brenes | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Pintura Interna | BBG | 50% | 70% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Fraguado de Baños | Rocam | 30% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 52 | Instalación de Puertas Metálicas | Jamaro | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | Colocación de sello de paredes desligadas | Promatco | 40% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 55 | Colocación de grilla | Roswell | 80% | 80% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | Empaste de paredes | BBG | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | Colocación de marcos de ventana | Vidrios Brenes | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | Colocación de vidrios | Vidrios Brenes | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | Detallado de abertura externa en fachada | Roswell | 60% | 20% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 60 | Edificio Oeste | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Nivel 0+000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | Retape de Terrazo | RPM | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | Empaste de paredes | BBG | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | Pega de terrazo faltante en pasillo | RPM | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | Retape de Terrazo | RPM | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | Detallado de junta de paredes desligadas | Edificar | 30% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 68 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | Fraga de terrazo | RPM | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Escaleras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | Paneles de cerramiento de Escaleras 2 | Panelco | 80% | 80% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | Colocación de material cementicio Escalera 2 | Panelco | 80% | 80% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | PAC | 73% | | | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |

| Proyecto: Colegio Occidental | | | | Programa Semanal : Del 18 de Septiembre al 24 de Septiembre del 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|-----------|------|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------|-------|-----------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------|---|
| ID | Actividad | Resp | Meta | Logro | Cal | K 18 | M 19 | J 20 | V 21 | S 22 | D 23 | L 24 | Falta de Materiales | Falta de mano de obra | Herramientas y Equipos | Subcontratista | Clima | Act. Precedente | Inspección y Propietario | Cambios de diseños | Inadecuada planificación | RFI's | Otros | |
| 1 | Colegio Occidental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Obra Gris | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Edificio Este | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Nivel 0+00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Armadura de Bebedero Eje 9 con l | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Formaleta de Bebederos Eje 9 con l | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Colado de Bebederos Eje 9 con l | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Colado de Piletas de Aseo | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Colado de Piletas de Aseo | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Edificio Oeste | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Nivel 0+000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Corrección de dimensiones baños de discapacitados | Edificar | 100% | 40% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 15 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Detallado de junta de paredes desligadas | Edificar | 100% | 70% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 18 | Elevador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Exteriores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Formaleta de Muros Rampa Oeste | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Colado de Muros Rampa Oeste | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Sotanos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Vestidores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Corrección de paredes livianas | Roswell | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Colocación de forro de paredes corregidas | Roswell | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Cerramiento de paredes livianas | Roswell | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Gimnasio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | Plazoleta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Formaleta de Gradas | Edificar | 100% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 30 | Colado de Gradas | Edificar | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 31 | Estructura Metálica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Armado de Escalera 4 | Yeril | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Montaje de estructura de Louvers Fachada Este | Yeril | 80% | 80% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | Montaje de estructura de Louvers Fachada Oeste | Yeril | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Cerramiento Norte de Gimnasio | Yeril | 70% | 70% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Cubierta de Techo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | Colocacion de hojalatería | Buildtech | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | Cerramientos perimetrales Oeste de Gimnasio | Buildtech | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Cerramientos perimetrales Este de Gimnasio | Buildtech | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | Infraestructura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | Limpieza y excavación para tanques | Edificar | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Instalación de tanque Fachada Oeste | Mucho | 100% | 60% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | Colocación de malla electrosoldada en calle Este | Edificar | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 44 | Colocación de cajas sanitarias | Edificar | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 45 | Colado de calle Este | Edificar | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 46 | Demolición de Aceras perimetrales | Edificar | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | Acabados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Edificio Este | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | Nivel 0+000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | Colocación de Ventiladores | Edificar | 100% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Segunda mano de pintura | BBG | 100% | 50% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | Forro de cargadores en pasillo | Roswell | 100% | 30% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | Colocación de muro seco en cargadores | Roswell | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 54 | Colocación de losa sanitaria | Gama | 50% | 50% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | Nivel 0+340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | Punch en Aulas | Edificar | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 57 | Forro de cargadores en pasillo | Roswell | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 58 | Colocación de muro seco en cargadores | Roswell | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 59 | Colocación de Losa sanitaria | Gama | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 60 | Nivel 0+680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Puncheo | Edificar | 100% | 0% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 62 | Colocación de Muro seco en capiteles | Roswell | 100% | 100% | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | Colocación de losa sanitaria | Gama | 100% | 80% | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Apéndice 5. Entrevista aplicada a trabajadores en el proyecto.

Entrevista

El objetivo de esta entrevista es conocer la percepción del trabajador con respecto a la productividad de la empresa, en esta se realizan preguntas en temas de desempeño y factores que contribuyen o disminuyen la eficiencia de un proceso constructivo.

Pregunta N°1: Como describiría el ambiente laboral en el proyecto.

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Malo

Pregunta N°2: ¿Durante el desarrollo de la actividad que realiza le brindan los medios necesarios para culminar su labor?

- No
- A veces
- Usualmente
- Siempre

Pregunta N°3: ¿La empresa genera incentivos como medida de motivación en la actividad que realiza?

- No
- Si

Pregunta N°4: ¿Cree que un buen ambiente laboral influye en la productividad de un proceso constructivo?

- No
- A veces
- Si

Pregunta N°5: ¿Recibe actualizaciones, charlas o indicaciones previas que definen como ejecutar de forma correcta el proceso que realiza?

- No
- A veces
- Si

Pregunta N°6: ¿Como considera que influye el número de personas que componen la cuadrilla que ejecuta un proceso constructivo?

- Poca
- Media
- Mucha

Pregunta N°7: A partir de los factores que se muestran indique cuales cree afectan el nivel productivo de una actividad.

| Factores / Afectación | Mucho | Medio | Poco |
|------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Ambiente laboral | | | |
| Traslado de materiales | | | |
| Capacitación | | | |
| Coordinación de tareas | | | |
| Supervisión | | | |
| Recursos de trabajo | | | |
| Experiencia | | | |

Apéndice 6. Registro fotográfico de los procesos.

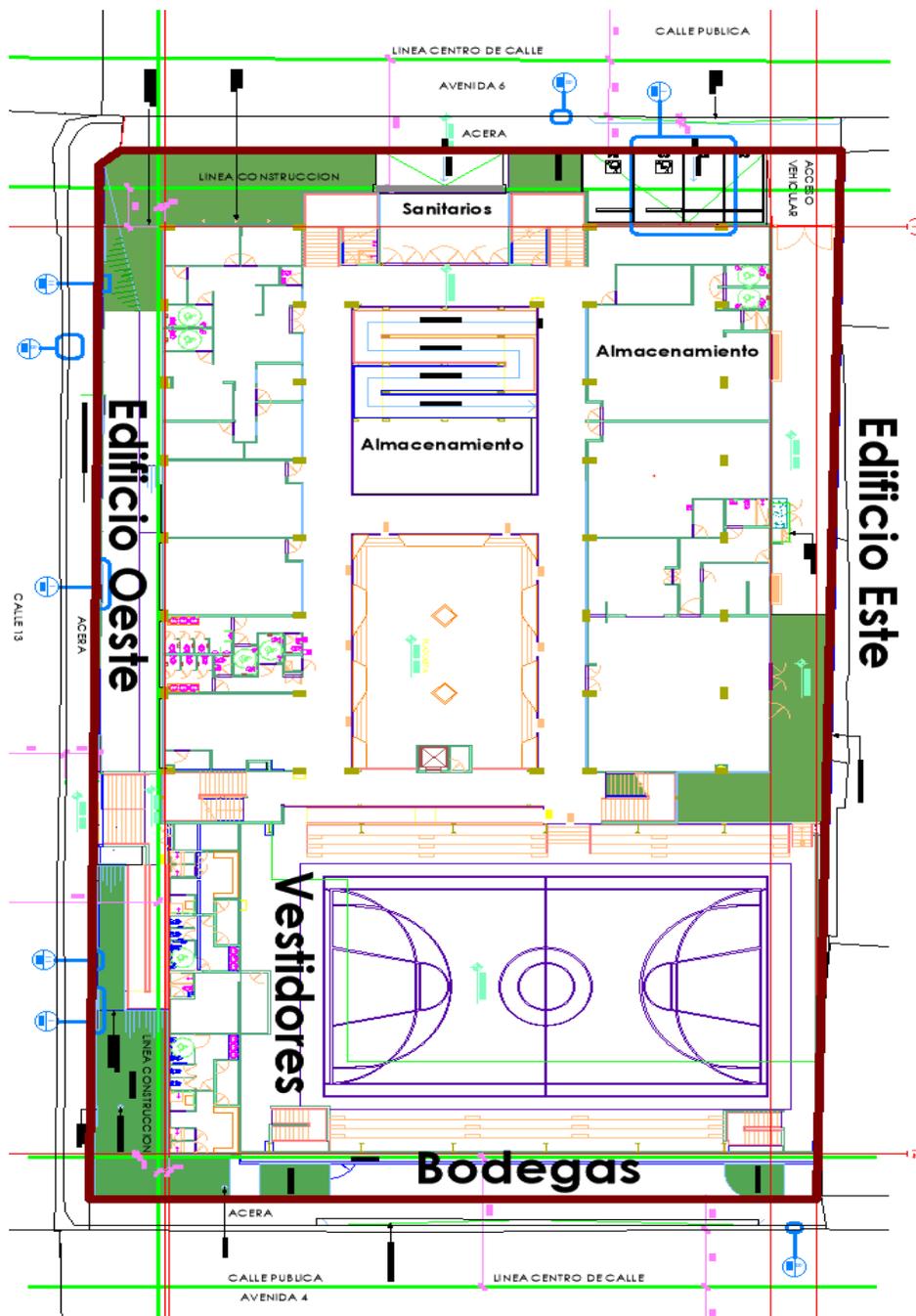


Figura 94. Detalle de la distribución del nivel 0+00 de la Obra
Fuente: Edificar S.A (2018)



Figura 95. Colocación de malla electro-soldada y separadores para el colado.



Figura 97. Detalle de problemas con el terrazo por el plomo de paredes.



Figura 96. Detalle de sitio durante la pega de terrazo.



Figura 98. Colocación de maestras para el repello posterior.



Figura 99. Fachada Norte del proyecto avance al 05/10/18

Referencias

- Acevedo, P. & Acuña, M. (1991). *Aplicación de las herramientas de Ishikawa para el análisis de la productividad en la construcción*. **Revista Ingeniería de Construcción**. Chile. (10)16 p.
- Alarcón, L, & Campero M. (1999). **Administración de proyectos civiles**. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 322 p.
- Alarcón, L. (1997). *Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción*. **Revista Ingeniería de Construcción**. Chile. (15), 38-39.
- Barbosa, F. (2017). **Reinventing construction: A route to higher Productivity**. EE. UU: McKinsey Global Institute, 168p.
- Castillo,R.(2014). **Inventario de Herramientas del sistema de entrega de proyectos LEAN**. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima,137 p.
- Chang, R (1999). **Las herramientas para la mejora continua de la calidad**. Buenos Aires: Granica – TEC Consultores,97 p.
- Dozzi, P & AbouRizk. (1993). **Productivity in Construction**. University of Alberta. Ottawa, 54p.
- Forbes, L & Ahmed, S. (2011). **Modern construction Lean Project Delivery and Integrated Practice**. EE. UU: CRC Press, 524p
- Koskela, L. (1992). **Application of the new production philosophy to construction**. EE. UU: Stanford University., 81p.
- Koskela, L. (2000). **An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction**. Helsinki: VTT (Technical Research Centre of Finland), 298p.
- Martínez, J. (2011). **Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción**. Tesis de Grado Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 91 p.
- Martínez, L. (1998). *Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción*. **Revista Ingeniería de Construcción**. Chile. (7)12 p.
- Oglesby, C., Parker, H., & Howell, G. (1989). **Productivity improvement in construction**. EE. UU: McGraw-Hill, 588p.
- Ortiz, G., Paniagua, E., & Sandoval, M. (2009). **Costos de Construcción**. Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Porrás, H. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. **Avances de Investigación en Ingeniería**.11(1), 22p.

Serpell, A. (2002). **Administración de Operaciones de Construcción** (2da Edición). México: Alfaomega, 292p.

Urías, L. (2005). **Rendimientos en la construcción: Edificación**. México: Universidad de Sonora, 49p.

