

## 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. Manuel Alán Zúñiga, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO  
ADOLFO  
ROJAS  
MOYA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
GUSTAVO  
ADOLFO ROJAS  
MOYA (FIRMA)  
Fecha: 2020.08.21  
12:18:02 -06'00'

---

Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director

ANA GRETTEL  
LEANDRO  
HERNANDEZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ANA GRETTEL  
LEANDRO HERNANDEZ  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.08.21  
17:01:50 -06'00'

---

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.  
Profesora Guía

MANUEL  
ANTONIO  
ALLAN ZUÑIGA  
(FIRMA)

Digitally signed by  
MANUEL ANTONIO  
ALLAN ZUÑIGA  
(FIRMA)  
Date: 2020.08.19  
16:01:14 -06'00'

---

Ing. Manuel Alán Zúñiga.  
Profesor Lector

MAURICIO  
ESTEBAN ARAYA  
RODRIGUEZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por MAURICIO  
ESTEBAN ARAYA  
RODRIGUEZ (FIRMA)  
Fecha: 2020.08.20  
16:03:31 -06'00'

---

Ing. Mauricio Araya Rodríguez.  
Profesor Observador

**Desarrollo de una guía de control de  
construcción e inspección de las obras  
civiles menores de la sección de  
Dirección de Inversión Pública de la  
Municipalidad de Heredia.**

# Abstract

The purpose of this work is to carry out a study of the performance and productivity of the crews responsible for the construction of sidewalks and pipe cords for the Public Investment Management Section of the Municipality of Heredia. It is intended to obtain the results through the application of productivity measurement tools such as Five Minute Rating, Work Sampling, Crew Balance and others, in order to identify the factors that affect its optimal progress.

Once the results are obtained, an analysis focused on a social field is given and it is shown how all these indicators can be improved by attacking the niches that exist due to the inequality of opportunities towards the construction worker. This is obtained by being more empathetic with the worker and analyzing the environment and the opportunities to which he is exposed day by day. The investment in training focused on leadership and ethical values for the workers was proposed as a solution and it is demonstrated how these contribute surplus value to their lives, which in the end will benefit the progress of construction with better numbers. It is possible to demonstrate the effectiveness of this solution by corroborating that all the factors that affect the work are born from a social root and can be attacked with this simple investment.

With the due study of all the activities, a construction control and inspection guide for sidewalk and pipeline construction projects was prepared for the Municipality of Heredia, focused on attacking all these factors with solutions that generate opportunities for improvement on both sides. and thus manage to standardize all those processes and maintain better control.

Keywords: Productivity, Performance, Leadership, Guide, Inspection, Standardization.

# Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un estudio del rendimiento y productividad de las cuadrillas encargadas de la construcción de aceras y cordones de caños para la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia. Se pretende obtener los resultados por medio de la aplicación de herramientas de medición de productividad como Five Minute Rating, Work Sampling, Crew Balance y otras, para así identificar los factores que afectan su avance óptimo.

Una vez obtenido los resultados se da un análisis enfocado en un ámbito social y se demuestra como se pueden mejorar todos esos indicadores atacando los nichos que existen por la desigualdad de oportunidades hacia el peón de la construcción. Esto se obtiene al ser más empático con el trabajador y analizando el ambiente y las oportunidades a las cuales se ve expuesto día a día. Se propuso como solución la inversión en capacitaciones enfocadas en el liderazgo y valores éticos para los trabajadores y se demuestra como estas aportan plusvalía a sus vidas, que al final beneficiará el avance de la construcción con mejores números. Se logra

demostrar la efectividad de esta solución al corroborar que todos los factores que afectan la obra, nacen de una raíz social y se puede atacar con esta simple inversión.

Con el debido estudio de todas las actividades se elaboró una guía de control de construcción e inspección para proyectos de construcción de aceras y cordones de caño para la Municipalidad de Heredia, enfocada en atacar todos esos factores con soluciones que generan oportunidades de mejora para ambos lados y así lograr estandarizar todos esos procesos y mantener un mejor control.

Palabras claves: Productividad, Rendimiento, Liderazgo, Guía, Inspección, Estandarización.

# **Desarrollo de una guía de control de construcción e inspección de las obras civiles menores de la sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia.**

JAFET JOSÉ CASTRO SANDOVAL

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

**Julio del 2020**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

# Índice

Índice de figuras	2
Índice de cuadros	4
Resumen Ejecutivo	5
Introducción	6
Alcances y limitaciones	14
Metodología	15
Resultados	19
Análisis de los resultados	85
Conclusiones	101
Recomendaciones	103
Apéndices	106

# Índice de figuras

1.	Diagrama de Flujo Construcción de Acera, Teórico. . . . .	20
2.	Diagrama de Flujo Construcción de Acera, Real. . . . .	21
3.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	26
4.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	26
5.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	27
6.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	27
7.	Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	29
8.	Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	29
9.	Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	30
10.	Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Lunes. . . . .	30
11.	Crew Balance Colado, Acera-Lunes. . . . .	32
12.	Clasificación de tareas Colado, Acera-Lunes. . . . .	32
13.	Five Minute Rating Colado, Acera-Lunes. . . . .	33
14.	Work Sampling Colado, Acera-Lunes. . . . .	33
15.	Crew Balance Chorrea 2, Acera-Lunes. . . . .	35
16.	Clasificación de tareas Chorrea 2, Acera-Lunes. . . . .	35
17.	Five Minute Rating Colado 2, Acera-Lunes. . . . .	36
18.	Work Sampling Colado 2, Acera-Lunes. . . . .	36
19.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	38
20.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	38
21.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	39
22.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	39
23.	Crew Balance Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles. . . . .	41
24.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles. . . . .	41
25.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles. . . . .	42
26.	Work Sampling Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles. . . . .	42
27.	Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	44
28.	Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	44
29.	Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	45
30.	Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Miércoles. . . . .	45
31.	Crew Balance Colado, Acera-Miércoles. . . . .	47
32.	Clasificación de tareas Colado, Acera-Miércoles. . . . .	47
33.	Five Minute Rating Colado, Acera-Miércoles. . . . .	48
34.	Work Sampling Colado, Acera-Miércoles. . . . .	48
35.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	50
36.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	50
37.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	51
38.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	51
39.	Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	53

40.	Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	53
41.	Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	54
42.	Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Viernes. . . . .	54
43.	Crew Balance Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes. . . . .	56
44.	Clasificación de tareas Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes. . . . .	56
45.	Five Minute Rating Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes. . . . .	57
46.	Work Sampling Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes. . . . .	57
47.	Crew Balance Colado, Acera-Viernes. . . . .	59
48.	Clasificación de tareas Colado, Acera-Viernes. . . . .	59
49.	Five Minute Rating Colado, Acera-Viernes. . . . .	60
50.	Work Sampling Colado, Acera-Viernes. . . . .	60
51.	Diagrama de Flujo Construcción de Cordón de Caño, Teórico. . . . .	62
52.	Diagrama de Flujo Construcción de Cordón de Caño, Real. . . . .	63
53.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Lunes. . . . .	67
54.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Lunes. . . . .	67
55.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Lunes. . . . .	68
56.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Lunes. . . . .	68
57.	Crew Balance Colado, Caño-Lunes. . . . .	70
58.	Clasificación de tareas Colado, Caño-Lunes. . . . .	70
59.	Five Minute Rating Colado, Caño-Lunes. . . . .	71
60.	Work Sampling Colado, Caño-Lunes. . . . .	71
61.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles. . . . .	73
62.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles. . . . .	73
63.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles. . . . .	74
64.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles. . . . .	74
65.	Crew Balance Colado, Caño-Miércoles. . . . .	76
66.	Clasificación de tareas Colado, Caño-Miércoles. . . . .	76
67.	Five Minute Rating Colado, Caño-Miércoles. . . . .	77
68.	Work Sampling Colado, Caño-Miércoles. . . . .	77
69.	Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Viernes. . . . .	79
70.	Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Viernes. . . . .	79
71.	Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Viernes. . . . .	80
72.	Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Viernes. . . . .	80
73.	Crew Balance Colado, Caño-Viernes. . . . .	82
74.	Clasificación de tareas Colado, Caño-Viernes. . . . .	82
75.	Five Minute Rating Colado, Caño-Viernes. . . . .	83
76.	Work Sampling Colado, Caño-Viernes. . . . .	83



# Índice de cuadros

1.	Rendimientos para Limpieza de Terreno-Acera . . . . .	22
2.	Rendimientos para Preparación de Terreno-Acera . . . . .	23
3.	Rendimientos para Colado-Acera . . . . .	24
4.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #1. . . . .	25
5.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #2. . . . .	28
6.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #3. . . . .	31
7.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #4. . . . .	34
8.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #5. . . . .	37
9.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #6. . . . .	40
10.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #7. . . . .	43
11.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #8. . . . .	46
12.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #9. . . . .	49
13.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #10. . . . .	52
14.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #11. . . . .	55
15.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #12. . . . .	58
16.	Rendimientos para Limpieza de Terreno-Caño . . . . .	64
17.	Rendimientos para Colado-Caño . . . . .	65
18.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #13. . . . .	66
19.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #14. . . . .	69
20.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #15. . . . .	72
21.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #16. . . . .	75
22.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #17. . . . .	78
23.	Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #18. . . . .	81
24.	Entrevistas Informales y Observaciones. . . . .	84

# Resumen Ejecutivo

La medición de rendimientos y productividad de los procesos constructivos resulta indispensable para cualquier proyecto constructivo pues se obtiene resultados que demuestran si se realiza correctamente cada tarea o si se está fallando en algún punto. El presente proyecto consiste en la estimación y recopilación de datos respecto del rendimiento y productividad para las cuadrillas encargadas de la construcción de aceras y cordones de caño de la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia. Este departamento no cuenta con una base de datos, por lo cual resulta importante el desarrollo de la Práctica Profesional Dirigida y se dé inicio a la recolección de datos en proyectos

Para recopilar los datos, se hizo uso de herramientas de medición de productividad como Five Minute Rating, Work Sampling y Crew Balance. Estas se usaron para ayudar a la representación y análisis de la información recolectada por diferentes métodos pero el principal fue el uso de grabaciones de video donde se analizó trabajador por trabajador en un rango de observación de 5 segundos, para así obtener todos esos pequeños tiempos que influyen en la ineficiencia o eficiencia de la obra. Para la construcción de aceras se realizó un total de 12 muestreos y para la construcción de cordones de caño, 8 muestreos. A cada uno de ellos se le aplicó un análisis el cual relacionó los datos cuantitativos obtenidos de ciertas herramientas como el Five Minute Rating o los valores del rendimiento, con los valores cualitativos que se lograron en el Crew Balance y esto asociado con un tema social de cada trabajador, el cual se observó al aplicar entrevista informales.

Se logró registrar toda esa información y relacionarla con factores capaces de afectar la productividad y rendimiento de las cuadrillas; con ello se planteó propuestas de mejoras al evidenciar el objeto de la ineficiencia. En repetidas mediciones se demuestra que todos estos problemas nacen de la ausencia de una figura de liderazgo en sitio o de una mala planificación de la obra por parte del ingeniero. Esto logra evidenciar lo siguiente: la solución radica en la posición más alta de la jerarquía y no solo es causado por el trabajador en sitio. No obstante, también se demostró ciertos factores como la ausencia de valores éticos por parte de algunos peones, esto afecta significativamente la productividad. Al unificar y analizar todos los resultados, se logró abarcar el objetivo principal del proyecto, la elaboración de una guía de construcción e inspección.

Ante esos factores, se logró dar una serie de recomendaciones a la Municipalidad de Heredia, ellos ayudarán a mantener un ambiente laboral óptimo con el desarrollo de proyectos estandarizados y así se garantiza un constante aprendizaje. Este involucra una mejora continua. Lo anterior se unificó con buenas prácticas constructivas en una guía de construcción e inspección, objetivo principal de la Práctica Profesional Dirigida.

# Introducción

La medida de los rendimientos y la productividad de cualquier proceso de construcción es uno de los aspectos más importantes para poder analizar si los procesos se realizan correctamente o no y si se están invirtiendo en ellos los recursos necesarios. Por esta razón contar con este tipo de indicadores es de suma importancia para cualquier organización. Además, al realizar estas mediciones se obtiene resultados que ayudan a determinar todas aquellas áreas necesarias de reforzar o intervenir y asimismo se mantiene una base de datos actualizada. Si se conoce estos datos se mejora la calidad, se aumenta la seguridad y se disminuye su costo asociado.

El presente proyecto de graduación consiste en medir rendimientos y productividad de las cuadrillas y generar una guía de construcción e inspección de la construcción de aceras y cordones de caño en la provincia de Heredia. Se utiliza como un tema de registro de la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia, no posee registros de rendimientos ni productividad de las cuadrillas contratadas bajo la modalidad de licitaciones. Tampoco se tiene una guía de inspección y construcción, por lo cual resulta provechoso el desarrollo del presente proyecto.

Debido a estas condiciones, la Municipalidad de Heredia desea contar con herramientas de control y optimización las cuales le ayuden a planificar mejor sus proyectos y así obtener mejores resultados a un costo más bajo. Los aspectos básicos de la construcción por beneficiar son los cálculos de los presupuestos y la estimación de los tiempos de durabilidad de los proyectos a través de mejores programaciones.

El objetivo general planteado para el presente proyecto es el siguiente:

- Desarrollo de una guía de control de construcción e inspección de las obras civiles menores de la sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia.

Se contempla los siguientes objetivos específicos:

- Documentar el rendimiento y productividad de las cuadrillas encargadas de las obras civiles menores.
- Identificar los procesos donde se posee una mayor afectación en el rendimiento y productividad de las obras en estudio.
- Identificar los factores que pueden estar afectando la productividad de los trabajadores desde un punto de vista social y asociado a un tema de liderazgo.

Al cumplir dichos objetivos, se asegura una herramienta a la Municipalidad de Heredia con la cual se pueda llevar un control del avance de las construcciones y su rendimiento asociado. Al registrar toda actividad que se lleva a cabo, se logra un constante aprendizaje de estas obras y así se presupuesta mejores proyectos con escenarios más acertados.

# MARCO TEÓRICO

## Productividad

Se puede definir la productividad en su manera más precisa y concisa de acuerdo con Tello (2016) como una relación entre recursos y cantidad producida por dichos recursos. Se puede comprender las entradas de esta relación como materiales utilizados, mano de obra, maquinaria, capital, entre otros y las salidas como el resultado de estas entradas expresadas en productos terminados o servicios. De igual manera, Tello (2016) hace mucho énfasis en los aspectos por tomar en consideración para lograr un alta productividad y ser eficiente y eficaz. Se toma la eficacia como el logro de objetivos cumpliendo una serie de programas y plazos, mientras la eficiencia es alcanzar lo propuesto al hacer uso de la mejor manera de los recursos.

Según menciona Leandro (2017) la productividad es aquella cantidad de obra realizada de manera eficiente en un tiempo determinado. Este se puede afectar por numerosos factores al igual que el rendimiento, pero son de carácter cualitativo y no tanto cuantitativo. Esta se divide en tres grupos, tiempo productivo, tiempo de soporte o contributivo y tiempo perdido o improductivo. Se conoce como tiempo productivo al lapso de producción en el cual se obtiene ingreso o valor del bien o servicio. Por otro lado, se le conoce como tiempo improductivo a todo aquel invertido el cual no agrega valor al proceso o actividad. Por último, el tiempo contributivo no aporta valor directamente, pero es de soporte para llevar a cabo una actividad con tiempo productivo, sin ella no se puede realizar el proceso. De acuerdo con Serpell (2002) los valores óptimos de productividad para la industria constructiva es de 60 % para trabajo productivo, 25 % trabajo contributivo y 15 % al trabajo improductivo.

## Rendimiento

Para el rendimiento se obtiene una definición o un foco de atención más cuantitativo y menos cualitativo. Acorde con la cita de Vega (2005) , se puede definir el rendimiento como la cantidad de trabajo realizado por un trabajador en determinado tiempo. La cantidad de trabajo realizado se puede medir en lapsos de jornada laboral, horas, minutos, entre otros. Esta cantidad de trabajo siempre relacionada con el tipo de actividad que se realizó, volumen de colado de concreto de una acera, metros lineales de encofrado de un caño, y muchas otras más.

Se puede conocer esa medición como unidad de medida de la actividad por hora hombre (um/HH). Botero (2007) lo define como la cantidad de trabajo completada en su totalidad por una cuadrilla por unidad de recurso humano, esta puede estar conformada por uno o varios integrantes de diferentes especialidades. Al poseer los rendimientos de una cuadrilla o trabajador en actividades específicas, se logra una determinación, con mayor exactitud, del tiempo requerido por una tarea y así poder tener un mejor planeamiento de los proyectos de construcción, control y cálculo de costo real de mano de obra, se mejora la planificación de compra de materiales y así un mejor flujo de caja, entre otras ventajas.

El rendimiento se puede afectar por diversos factores. En este caso según Henríquez (2008)

son los aspectos laborales, comprende las condiciones en las cuales labora el empleado en cuanto a salario, incentivos, tipo de contrato, seguridad y todo esto en correlación con el estado de ánimo del trabajador. El equipo y herramientas juegan un papel importante para que se pueda laborar de una forma adecuada y su estado debe ser el ideal. También se tiene los factores climáticos y cómo influyen directamente en el rendimiento, pues si un día está muy soleado o con lluvia, afecta negativamente el desempeño del último factor. Este último factor es el trabajador, se toma en consideración la situación personal de cada trabajador, estado de ánimo, actitud para hacer las cosas y otra cantidad de aspectos los cuales determinan a cada miembro y pueden afectar el ritmo de trabajo.

## Factores que afectan la productividad de la construcción

Según el McKinsey Global Institute (2017) los factores que afectan la productividad se clasifican en tres grandes grupos. El primer grupo es el de los factores externos, se considera la complejidad del proyecto, el sitio donde se construye, fragmentación de los lotes, informalidad y las regulaciones. En el país se dificulta muchos más el último por su burocracia. En segundo se tiene los intereses de las partes, constructores, dueños y proveedores. Es común esto genere desalineamientos en los contratos e incentivos. Y por último se presenta el factor de falta de capacidad en la ejecución, se basa en que el diseño de procesos o inversión no son los adecuados, mala administración de proyectos, mano de obra poco calificada para la tarea por efectuada y no se da una correcta inversión en herramientas de digitalización e innovación.

Otra clasificación la cual se puede dar a esos factores que afectan de manera positiva o negativa la productividad la brinda Botero (2007). Él primeramente estipula lo siguiente: cada proyecto es único y posee diversas condiciones, ellas determinan su singularidad. Dichos factores se pueden clasificar en siete categorías, su naturaleza afecta directamente a los operarios de equipos y mano de obra involucrada en el proyecto.

- **Trabajador:** Es el empleado quien ha sido capacitado para la tarea asignada y que posee experiencia en ella. Se le asignan ciertos atributos como buena salud emocional, mental y física. Asignados periodos de descanso y se espera una buena actitud y desempeño en la labor, pues así se incentiva a un mejor rendimiento y productividad.
- **Supervisión:** Con tal de facilitar una tarea se debe contar con una organización en el sitio de trabajo de supervisión. Con esto se asegura la existencia de información clara y concisa.
- **Equipamiento:** El rendimiento crece cuando se cuenta con el equipo acorde para cada tarea y este tenga un buen mantenimiento y sea de la mejor y mayor tecnología.
- **Actividad:** Ciertas labores implican complejidad, riesgo, discontinuidad, actividades predecesoras y esto favorece se complete de manera eficiente.
- **Clima:** Una tarea se puede ver implicada en una situación que afecte su productividad como las condiciones meteorológicas, si llueve, baja o alta temperatura y condiciones del suelo.

- Aspectos Laborales: El trabajador aumenta su productividad al estar en un trabajo con buen salario, seguro, incentivos, capacitaciones y demás, pues mejora el ambiente laboral.
- Economía: Este aspecto está correlacionado con la situación económica del país, pues si hay muchos proyectos disminuye la oferta de mano de obra calificada y se acude a trabajadores inexpertos y eso disminuye el rendimiento.

## Herramientas para medición de productividad

### Crew Balance

Esta herramienta permite determinar con exactitud las actividades de cada trabajador y el porcentaje de estas que implica la totalidad de trabajo realizado en el lapso de la muestra tomada, y representa la totalidad de la población. Esta técnica resulta en gráficos, normalmente de barras verticales, muestran el porcentaje de tiempo invertido por cada uno de los trabajadores. Estas actividades se pueden designar en los grupos previamente estipulados de productivo, contributivo e improductivo para así dar seguimiento a otras herramientas de medición de productividad.

### Work Sampling

Se basa en el muestreo del trabajo en estudio para así poder representarlo en cuanto a su población. Los resultados de dicha metodología sientan la base para determinar si existen problemas de productividad, esto gracias a distribuir el trabajo dentro del proyecto Oglesby, C., Parker, H., Howell, G. (1989). Con tal de considerar si el trabajador está realizando una actividad productiva o no, se toma en cuenta la clasificación de trabajo productivo, contributivo y no productivo Thomas, H. Randolph Daily, Jeffrey (1983). Para lograr un correcto análisis se debe contar con una muestra representativa la cual mantenga un tamaño grande para que haya validación estadística, esto depende de la situación real y se define dependiendo de las condiciones de cada proyecto, pero siempre se busca sea bastante representativa. Al menos se debe contar con 385 observaciones para tener datos confiables. Se debe considerar que este método ofrece la productividad de la cuadrilla en general.

### Five Minute Rating

Este método funciona para dar una valoración a las actividades realizadas en una obra. Según Oglesby, C., Parker, H., Howell, G. (1989) este método consiste en la suma de observaciones realizadas en un periodo corto, con un número de observaciones que ofrezcan la confianza estadística del muestreo de trabajo. Muchos estudios han logrado demostrar la correlación que existe entre los resultados de efectividad de esta herramienta con los de la mano de obra del muestreo del trabajo (Work Sampling) Thomas, H. Randolph Daily, Jeffrey (1983).

Su nombre proviene de la regla que lo rige. Esta consiste en que cada trabajador debe ser observado por lo menos un minuto y no menos de 5 minutos en total. Una vez obtenido el total del tiempo por cada trabajador, se divide en intervalos que se considere pertinentes. Durante cada medición, se tiene que cumplir con el 50 % del tiempo para lograr determinar la acción que predomina. Una vez obtenido el total de mediciones, se procede a sumar el total de los intervalos trabajados y luego se divide por el total de intervalos de la muestra y así se logra obtener la eficiencia. Thomas y Napolitan (1995).

## Diagrama de Flujo

En proyectos de construcción se cuenta con muchas variables en cuanto a los procesos por llevar a cabo, los diagramas de flujo ayudan a simplificar, de una manera gráfica, su seguimiento. Se pueden considerar, según Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan) (2009), como representaciones gráficas las cuales con símbolos representan las etapas o pasos, la secuencia lógica por seguir en el proceso y la interacción o relación de coordinación de los encargados de su elaboración. Por ejemplo, se usa cuadrados cuando es una operación, o rombos cuando es decisión. Las flechas son de suma importancia, pues definen la dirección del proceso, esto se adapta de lo establecido por la American National Standards Institute.

## Inspección de obra

Se le conoce como la labor que realizada por un profesional en el área de la construcción, arquitectos o ingenieros, en donde se da un control y verificación sobre el cumplimiento de las normativas, especificaciones según planos, presupuesto y flujo de caja y cronograma. Hay varias maneras de realizar este proceso, por ejemplo, empresas quienes se dedican a brindar los servicios de inspección a terceros y así el dueño de la obra se asegura de su correcto avance y del cumplimiento de las especificaciones. También hay entidades las cuales realizan inspecciones como control de la legislación, pago de impuestos, calidad de los procesos y otros. Un ejemplo de esto es el Instituto Nacional de Seguros (INS) y sus inspectores o el Colegio de Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

El CFIA (2020) en el Reglamento para la Contratación de Servicios de Consultoría en Ingeniería y Arquitectura, lo define como: "La vigilancia o atención que el profesional o grupo de profesionales suministra durante el proceso de ejecución de una obra, con el fin de que ésta se realice de conformidad con las mejores normas de trabajo, los planos de construcción, las especificaciones técnicas y demás documentos que forman parte del contrato. Si bien el profesional que realiza la inspección asume la responsabilidad que le corresponde en virtud de la tarea encomendada por el cliente, su actuación no libera al constructor de su responsabilidad contractual. El servicio de inspección se presta mediante visitas periódicas a la obra por parte del profesional. No implica una permanencia constante o residencia profesional. En aquellos casos que el cliente solicite un profesional residente para realizar labores de inspección, el servicio debe ser objeto de una contratación especial, e independiente al honorario profesional indicado en el arancel." Este servicio se presta mediante visitas periódicas al proyecto y no requiere de la

asistencia permanente del profesional en la obra, a no ser haya sido contratado bajo condiciones de residente, pero ello es un caso especial e independiente al honorario profesional indicado bajo el presente arancel.

## **Municipalidad**

En el país se cuenta la segmentación de provincias, las cuales poseen cantones y estos distritos. Las municipalidades se conocen como gobiernos locales de un cantón, donde por medio de la recolección de impuestos de los contribuyentes, se pueden dar los ingresos económicos necesarios para elaborar los proyectos en dicho sector. También se encargan de la aprobación de permisos de construcción e inspección de obras. Este ingreso por parte de los impuestos se suma a las demás aportaciones y se utiliza para invertir en múltiples obras como alcantarillado sanitario y pluvial, recolección de basura, mantenimiento de infraestructura vial, construcción de obras civiles menores como aceras, rampas de acceso, cordones de caño y otros, limpieza y mantenimiento de áreas públicas, y diversas actividades más, las cuales benefician a los obligados de pagar el impuesto municipal correspondiente.

## **Estandarización de los procesos**

A pesar de que los proyectos son diferentes y varían en muchas áreas como lo es la arquitectura, existen ciertos procesos y pasos por seguir, varían muy poco, como lo es la obtención de un producto final sea vigas, columnas, entepiso y otros, indiferentemente de la naturaleza de la obra. Por esto resulta vital estandarizar los procesos para así obtener reducción de tiempos, mejorar calidad, disminuir costos, optimización de la mano de obra, aumenta transparencia y se vuelve eficaz y eficiente la labor desarrollada.

Un modelo de estandarización corresponde a una serie de pasos, los cuales orientan el desarrollo de un proceso y esta se puede ver representada en forma de guía según se pretende llevar a cabo en el presente proyecto al lograr desarrollar una guía donde se combine todos esos puntos necesarios para la elaboración de obras civiles menores como son las aceras y cordones de caño. Al lograr concretar esto, se obtiene la definición del término estandarización, el cual se refiere al camino o manera de efectuar una actividad o proceso establecido y de modo tal se asegure una correcta elaboración con el procedimiento.

## **Control de Calidad**

Uno de los principios más importantes asociados a la inspección, es la obtención de la calidad. Se podría decir que la inspección y la calidad se unifican en mismo concepto pues, la inspección en sí misma, es una búsqueda de la calidad. Por ello, se conoce al control de la calidad como la herramienta donde se presentan todos los parámetros de aceptación y control que deben de cumplirse según los criterios de diseño. El control de calidad debe componerse de técnicas y actividades para así lograr mantener y mejorar la calidad del producto o servicio.



Se conocen: Especificaciones, Diseño del Producto, Producción, Inspección y Verificación de la Funcionalidad.

## Guía de control de inspección y construcción

El principal producto del presente proyecto es elaborar de una guía de control que funciona como un manual de inspección y construcción en el cual se puede corroborar paso a paso lo que se debe llevar a cabo en cada procedimiento con tal de facilitar la inspección técnica de obra y esto le simplifica la labor de los profesionales. No se puede considerar como un reglamento o algo lo cual se debe cumplir al pie de la letra y si no se realiza de la manera estipulada, va a estar erróneo. El presente proyecto se elabora para dos tipos de obras en específico.

En una guía se puede encontrar diferentes tipos de procedimientos, depende de la función ejercida por quien la use, en este caso se va a direccionar a los ingenieros encargados de realizar la inspección y construcción de aceras y cordones de caño para la Municipalidad. Según lo hablado y deseado por parte de la Municipalidad, desean una guía precisa y concisa. Se evita la redundancia ante situaciones obvias y debe ser de fácil comprensión con el tecnicismo necesario.

Otra forma de ver el formato de la guía es un estilo semejante al de una "Punch List". Este tipo de lista es común en muchos ámbitos, pero se le da mucha fama en la construcción y se puede relacionar con una lista de actividades que requieren atención. Al fusionar la ideología de una lista de esta índole con una guía de inspección y construcción se puede generar una guía de bastante utilidad la cual va a generar un avance a las futuras construcciones y traerá crecimiento a la obra involucrada.

## Lista de control de calidad o lista de verificación técnica

Es una herramienta estructurada y con dirección hacia un componente y utilizada para el proceso de verificación de una adecuada ejecución de las metodologías constructivas acorde a las especificaciones técnicas vigentes y sus lineamientos. Su nivel de complejidad varía dependiendo de los requisitos y prácticas del proyecto.

## Niveles de Liderazgo

Con el deseo de tener un enfoque diferente en el presente proyecto, se incluye un tema poco usual en el ámbito constructivo y esto se hace como parte de una hipótesis planteada en el avance de la recolección de los datos a través de entrevistas informales con los peones. Este nace de la raíz del liderazgo. Según menciona Maxwell, J. (2011), el liderazgo es influir, si las personas logran aumentar su influencia en otros, pueden dirigir de una manera más eficaz. El liderazgo es más que una posición, es un proceso en el cual se trata con personas y dinámicas en constante cambio, y más en el ámbito constructivo. Se conocen 5 niveles del liderazgo según el autor:

- Nivel 1 - Posición: Se considera el nivel más bajo del liderazgo, en el cual se tiene la

influencia de líder por el título que se le asigna. Las personas que siguen a esta figura lo hacen porque tienen que hacerlo. Se considera que las personas que no logran pasar de este nivel son jefes y no líderes. Para este nivel no se ocupa ninguna habilidad o esfuerzo ya que a cualquiera se le puede nombrar para un cargo.

- Nivel 2 - Permiso: Su base es en las relaciones, las personas empiezan a tener confianza y se desarrolla una mejor influencia en ellas para lo cual se logra un ambiente positivo y el seguimiento de la figura de liderazgo es escogido y lo siguen porque quieren y no porque tienen que hacerlo, a diferencia del nivel 1. Como dice Maxwell, J. (2011): “A usted le pueden gustar las personas sin liderarlas, pero no las puede liderar sin que le gusten”.
- Nivel 3 - Producción: Es común se estancan en este nivel, pero los buenos líderes logran pasar de este nivel sin problema alguno. Se basa en “resultados”, pues las personas confían en el líder y ven los resultados positivos que este genera. Al alcanzar dicho objetivo, se mejora la moral, aumentan las ganancias, se disminuye la rotación de personal y se concreta los objetivos con mayor facilidad.
- Nivel 4 - Desarrollo de personas: Se conoce a los grandes líderes no por su poder, sino por su habilidad de potenciar a otros. En el desarrollo de personas, logran invertir en seguidores y desarrollarlos de manera que lleguen a ser líderes. A esto se le conoce como el principio de “reproducción”.
- Nivel 5 - Pináculo: Por último, se llega al máximo nivel de liderazgo, el pináculo. Se es asignado este nivel solo a las personas que desarrollan líderes de un nivel 4 por debajo de ellos. Estos son individuos con cualidades como respeto, gracia, empatía, productividad y con una gran habilidad para ganar seguidores e influenciar en ellos, se crea un legado.

# Alcances y limitaciones

Al producto final de la práctica profesional se le atribuye el desarrollo de una guía de control de construcción e inspección de las obras civiles menores. Ello se pretende realizar mediante una serie de pasos linealmente dependientes de su predecesor. Son los siguientes:

- Documentación del rendimiento y la productividad de las cuadrillas encargadas de las obras, con el objetivo de contar con una base de datos donde se pueda identificar los valores de la eficiencia de cada cuadrilla.
- Identificación de los procesos donde existe una afectación del rendimiento y/o productividad para así realizar un análisis de los factores que están generando ineficiencia y poder mitigarlos o erradicarlos de ser posible.
- Dar un enfoque diferente en la presente práctica al incentivar el uso del liderazgo en la construcción con tal de atacar ciertas situaciones, pues están afectando de manera indirecta el avance óptimo de la construcción.

Para el logro del alcance previamente establecido, se presentó una serie de limitaciones, las cuales restringieron la extensión del proyecto. Entre estos se encuentran las siguientes:

- Aquellos factores que se salen del control del proyecto, como las afectaciones en los tiempos de construcción a la hora de tomar los datos, limitación de información histórica de proyectos o procesos previos con los cuales se pudiera comprender la cultura en el desarrollo de proyectos por parte de la Municipalidad de Heredia en la Sección de Dirección de Inversión Pública.
- Se le atribuye mucho peso a la afectación generada por parte de la pandemia mundial (COVID-19), pues interrumpió el proceso de recolección de datos y afectó los productos del proyecto como tal, hasta tal punto de deber modificar los objetivos iniciales a unos posibles de adecuar a datos obtenidos y que dieran como resultado productos de valor.

# Metodología

Para realizar un correcto análisis de los resultados obtenidos de cada cuadrilla, su respectiva productividad y rendimiento, fue necesario la aplicación de métodos que proporcionen un medio eficiente para lograr el éxito de los objetivos planteados. Asimismo, a la hora de recolectar los requerimientos exigidos en la municipalidad y los procesos o entidades involucrados, se utilizó métodos como la recopilación de datos o las reuniones programadas con ingenieros encargados de dichas obras en la municipalidad.

## Recopilación de datos

### Documentos

Esta técnica se emplea como primer paso para comprender la situación actual de la Municipalidad de Heredia y su interacción con el cliente y lo que se le solicita para poder participar de la licitación. Con la revisión de documentos como carteles de licitación y contratos, se pudo obtener la información necesaria respecto de los requerimientos de los proyectos de construcción de aceras y cordones de caño.

### Observación

Para lograr un mejor enfoque y análisis de la situación vivida al llevar a cabo obras civiles menores, en este caso aceras y cordones de caño, se realizó observaciones, se documentaron en un cuaderno de notas y en el celular, para posteriormente analizarlas y determinar si hay factores los cuales afectan el avance de la construcción y no pueden identificarse a través de las herramientas técnicas. Además, por medio de esta herramienta se pudo identificar otros factores del comportamiento humano, tales como las habilidades blandas y destrezas. Estos también pueden ser factores que afecten directamente la productividad y rendimiento de los procesos constructivos. Al atacar la base de estos problemas, se fortalece y mejora la estructura que estaba fallando y de esta manera es posible erradicar el problema con un solo movimiento estratégico.

### Entrevista

Es una técnica muy ligada con la observación y busca un enfoque más empático con el trabajador en sitio. Esa situación de “ponerse en los zapatos” de la persona entrevistada, ayudó en la obtención de datos reales de cada situación y visualizar la manera en cómo se puede mejorar una condición para que el trabajador tenga un mejor rendimiento y sea más productivo. Lo anterior se realizó de manera informal y espontánea, es decir sin grabaciones o factores que

capaces de interrumpir o ejercer presión a la charla y así la persona en evaluación pudiera ser lo más transparente posible y se sintiera cómoda en el proceso para brindar información. En consecuencia, los datos van a ser reales y se logra ampliar hasta en un ámbito social. Al lograr la apertura de la persona y exprese las inquietudes que afectan su comportamiento, se puede poner en evidencia la situación personal de cada individuo y analizar si es algo macro, lo cual puede estar afectando a toda la cuadrilla.

## Selección de procesos

Se seleccionó obras civiles menores, de manera más específica, construcción de acera y cordón de caño. Primeramente, se escogió estas dos opciones debido a ser las que la Municipalidad de Heredia mantiene en constante ejecución y en el momento de la práctica estaban disponibles. No obstante, no hay registro previo de rendimiento o productividad de estas obras ni de ninguna otra. Se consultó con el ingeniero de la Municipalidad y este expresó la importancia de un registro en estas obras en específico, pues se puede generar una base de datos y de ahí empezar a formar un registro en el cual se pueda aprender conforme se realizan más proyectos.

Se recolectó información de cada proceso, pero debido a la afectación de la pandemia mundial (COVID-19) debe procesos específicos para que la práctica mantuviera sus objetivos iniciales. En primera instancia, se escogieron los lunes, miércoles y viernes para obtener los resultados. Se selecciona estos días para identificar cómo afecta el día en estudio, pues se logró evidenciar en otras situaciones ajenas al proyecto lo siguiente: la motivación a la hora de trabajar un lunes es muy diferente a la de un viernes, y el miércoles ayuda a determinar cuál situación se mantiene a lo largo de la semana o ver su transición.

En segunda instancia, se escogió cuáles tareas específicas a seleccionar para la medición y el rango de tiempo invertido. Para las aceras se seleccionó tres tareas: Limpieza de Terreno, Preparación de Terreno y Colado. Para cordón de caño: Limpieza de Terreno y Colado. Se escogieron debido a ser las actividades en las cuales se tiene registro de todo tipo y la recolección de datos no se afecta por la pandemia mundial. Además, eran las únicas tareas en las cuales la cuadrilla rotaba, dejando sin realizar otras actividades importantes. Esta información sirvió de referencia para establecer como se realiza un proceso actualmente y como se recomienda realizarlo en el futuro.

Otro tema considerado es el de las condiciones meteorológicas. Las obras civiles menores en su mayoría, se realizan a la intemperie y se determinan por las condiciones variables del lugar de trabajo. En la mayoría de las mediciones se mantuvieron condiciones muy constantes, pues el lugar de trabajo y el clima de Heredia son muy constantes y poseen variaciones mínimas. Su temperatura promedio rondaba entre los  $28^{\circ}C$  y los  $30^{\circ}C$ . Las mañanas eran frescas y con presencia de brisa, ello favorecía la realización de las tareas. Las tardes también presentaban condiciones favorables, pues se encontraba la presencia de nubes y disminuían la sensación térmica.

## **Medición de productividad de las cuadrillas**

Para la obtención de la productividad de las cuadrillas en el campo, se realizó visitas al sitio en las cuales se tomaron grabaciones de video (GoPro) y celulares. Se decide hacer una documentación de los videos recolectados con la fecha de cada uno para tener las condiciones meteorológicas y así determinar si el factor del tiempo atmosférico afecta de manera significativa el rendimiento y productividad.

Se aplicó una serie de herramientas de medición de productividad con rangos de medición específicos, con de obtener una buena cantidad de observaciones representativas y de por lo menos 385 observaciones por actividad. Las herramientas aplicadas fueron: Five Minute Rating, Crew Balance y Work Sampling. Se utilizaron para facilitar el análisis de los resultados y poder mostrar de una manera más evidente quienes están fallando, dónde y cómo erradicar el problema de una manera la cual traiga crecimiento tanto personal para el trabajador, como para la Municipalidad.

## **Técnicas de medición de productividad y rendimiento**

Se selecciona tres herramientas de medición de productividad las cuales son: Crew Balance, Five Minute Rating y Work Sampling. Para cada una se utiliza los datos obtenidos en los videos. Se parte de mediciones realizadas cada 5 segundos, con el objetivo de captar aquellas tareas donde se pierde el mínimo tiempo, pero al final todo suma.

Las mediciones se efectuaron los lunes, miércoles y viernes. Se selecciona dichos días porque el desempeño de los trabajadores varía durante la semana y de esta manera se puede obtener con detalle cuál día es mejor para realizar ciertas actividades. No se incluye los días martes y jueves pues la recolección de los datos se vio afectada por la pandemia mundial (COVID-19), no se tenía la totalidad de datos para dichos días y esto afectaría el análisis al dejar nichos en la homogeneidad de los datos.

## **Recopilación de datos históricos de la institución**

Se consideró importante la comparación de lo datos obtenidos en campo con los datos históricos documentados previamente por la Municipalidad. Razón por la cual se solicitó al ingeniero de la Municipalidad de Heredia dicha información, manifestó no existen registro alguno. Según la versión del ingeniero, la Municipalidad no acostumbra recolectar información de esta índole y expresa ser muy complicado, por cuanto las cuadrillas varían dependiendo del tipo de proyecto y algunas veces sea el ganador de la licitación.

De acuerdo con lo anterior, se expresa la importancia de generar un registro. Por ello el proyecto pretende funcionar como este registro inicial que se espera pueda retornar valor agregado a la institución al mejorar cada proceso constructivo e implementar una nueva ideología la cual permita mejorar la cultura de trabajo presente en la Municipalidad de Heredia.

## **Análisis de productividad de las cuadrillas**

Una vez obtenidos los datos de la productividad al considerarse las tres herramientas de medición previamente mencionadas, se realizó un análisis para lograr determinar cuáles son las posibles causas que están afectando la productividad de las cuadrillas. Esto por medio de la clasificación de tareas que pueden estar afectando la productividad de un trabajador dentro de la cuadrilla hasta el detalle de tarea realizada por cada trabajador en el momento de la observación en el Crew Balance. De igual manera, se pretende clasificar las tareas productivas e improductivas, esto se presenta en la sección de Resultados y se discute en el Análisis de Resultados.

# Resultados

En el siguiente apartado se muestra los resultados obtenidos de la Práctica Profesional Dirigida realizada en la Municipalidad de Heredia. Estos se representan por medio de cuadros, gráficos y figuras, ellos ayudan a mostrar los datos obtenidos para así poder efectuar su correcta interpretación. Se secciona los resultados obtenidos en Construcción de Aceras y Construcción de Cordones de Caño, cada uno con sus respectivos diagramas de flujo. Los indicadores de productividad y rendimiento se muestran con cuadros, representan información general y condiciones climatológicas, gráficos de las herramientas de medición de productividad (Five Minute Rating, Crew Balance y Work Sampling), cuadros con valores de rendimientos, entre otros datos los cuales ayudan a comprender lo obtenido en cada medición.

## Construcción de Aceras

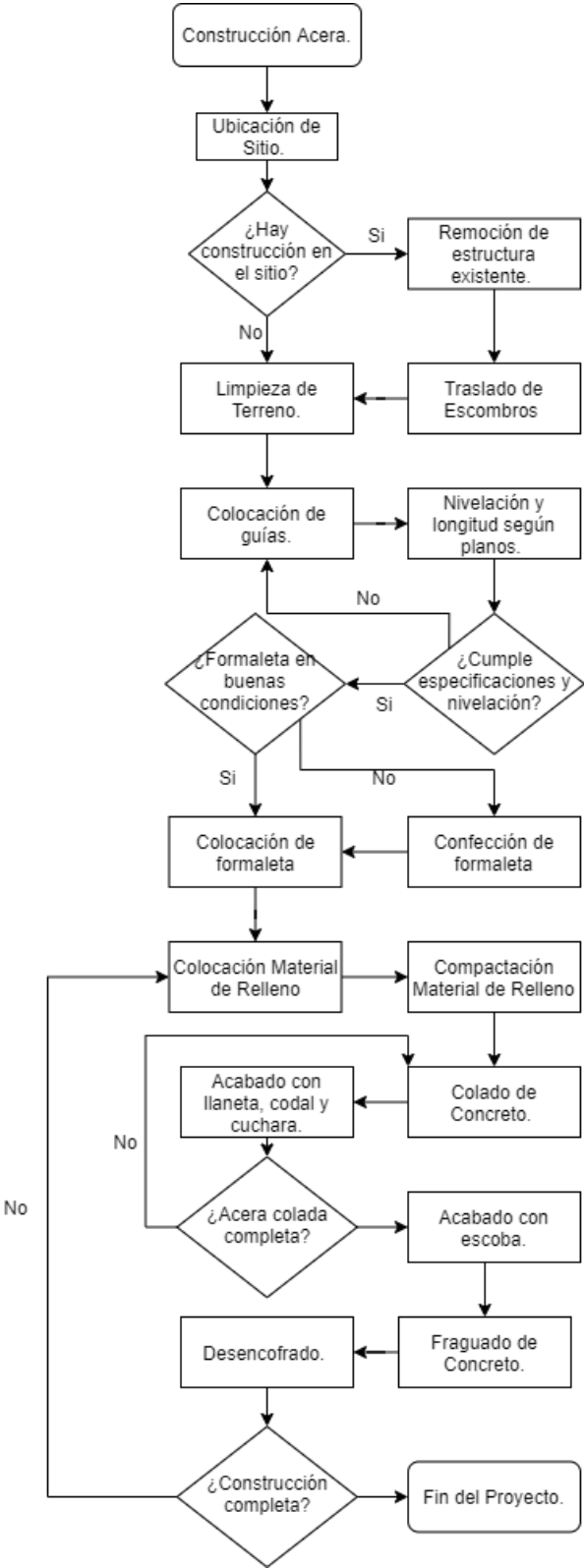
Para esta sección se presenta los muestreos respectivos a la construcción de aceras. Los datos se recolectan los días lunes, miércoles y viernes. Las actividades medidas fueron: Limpieza de Terreno, Preparación de Terreno y Colado.

Primeramente se muestran dos diagramas de flujo, uno teórico y otro real. El diagrama real representa la ruta por seguir en el campo y el teórico la que se debería realizar de acuerdo las buenas prácticas constructivas.

En seguida se presenta los rendimientos en formato de cuadro para más facilidad al ver cuál día se obtuvo un mejor rendimiento y en cuál se tiene el peor. Los muestreos de cada día, inician con el cuadro de información y luego se presenta sus gráficos de herramientas de productividad.

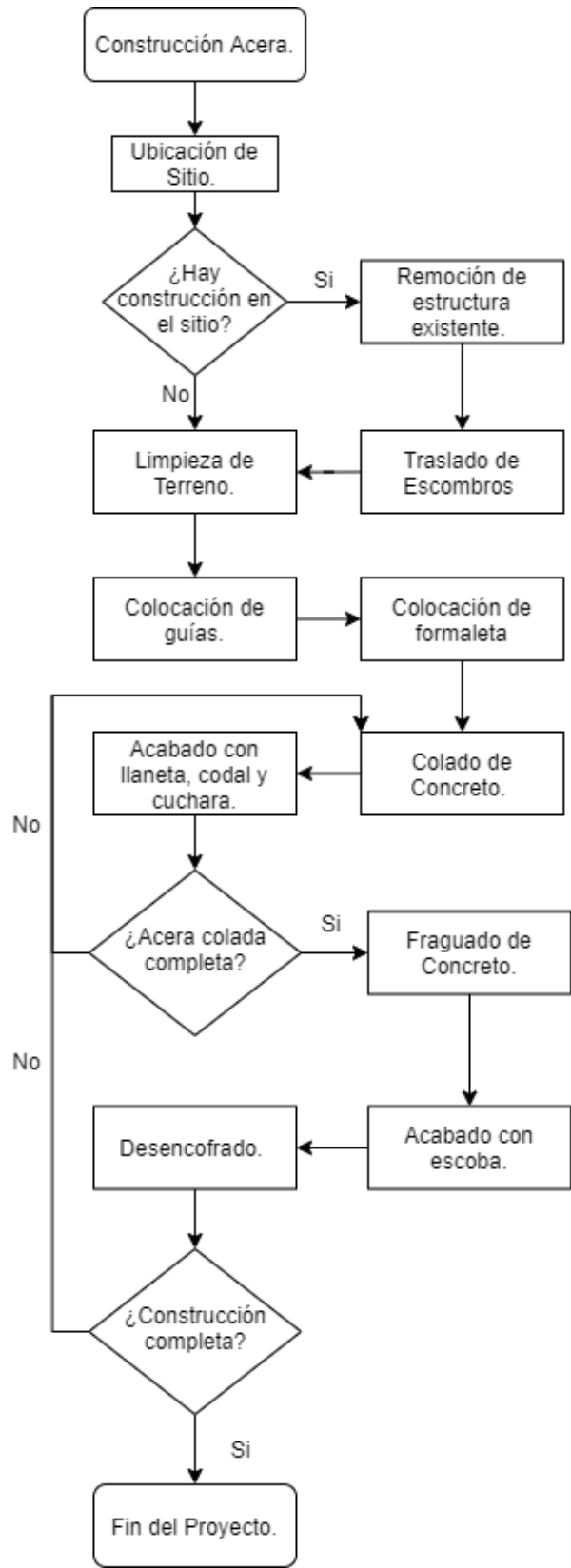


# Diagramas de Flujo para Construcción de Aceras



**Figura 1.** Diagrama de Flujo Construcción de Acera, Teórico.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 2.** Diagrama de Flujo Construcción de Acera, Real.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Rendimientos para Construcción de Aceras

Se presentan los resultados de los rendimientos en forma de cuadro donde se puede notar todos los días tomados en consideración. Se expresa de esta manera para facilitar ver cual día fue el más afectado de manera cuantitativa en el rendimiento de la cuadrilla, para así ver los valores de productividad y mantener una idea clara de qué buscar y cómo detectar el problema con mayor facilidad.

También se observa el promedio de dichos datos para saber cómo está la media de rendimiento de dichas cuadrillas en la actividad medida y esto facilite futuros cálculos en proyectos similares o iguales.

**Cuadro 1.** Rendimientos para Limpieza de Terreno-Acera

Medición	1 (Lunes)	2 (Miércoles)	3 (Miércoles)	4 (Viernes)
Trabajadores	5	5	5	5
Duración (h)	0.33	0.37	0.30	0.37
Cantidad de Trabajo (Unidad)	0.23 m <sup>3</sup>	0.34 m <sup>3</sup>	0.24 m <sup>3</sup>	0.27 m <sup>3</sup>
Rendimiento Cuadrilla (Unidad/h)	0.691	0.927	0.800	0.736
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.103			
Rendimiento trabajador (Unidad/h)	0.138	0.185	0.160	0.147
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.021			
Rendimiento Promedio Cuadrilla (Unidad/h)	0.789			
Rendimiento Promedio Trabajador (Unidad/h)	0.158			

**Cuadro 2.** Rendimientos para Preparación de Terreno-Acera

Medición	1 (Lunes)	2 (Miércoles)	3 (Viernes)	4 (Viernes)
Trabajadores	5	3	5	5
Duración (h)	0.24	0.26	0.25	0.26
Cantidad de Trabajo (Unidad)	0.96 m <sup>2</sup>	1.3 m <sup>2</sup>	1.22 m <sup>2</sup>	1.15 m <sup>2</sup>
Rendimiento Cuadrilla (Unidad/h)	4.000	5.078	4.880	4.423
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.482			
Rendimiento trabajador (Unidad/h)	0.800	1.693	0.976	0.885
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.409			
Rendimiento Promedio Cuadrilla (Unidad/h)	4.595			
Rendimiento Promedio Trabajador (Unidad/h)	1.088			

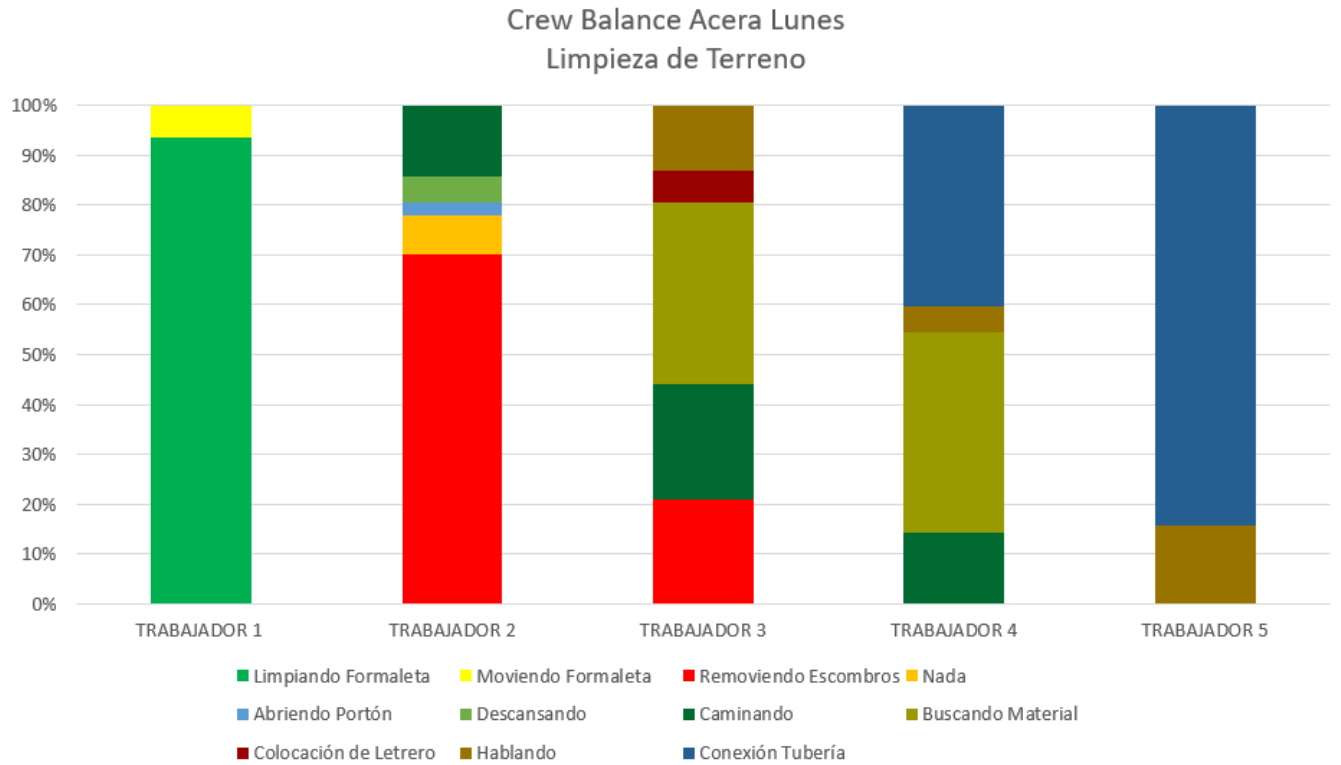
**Cuadro 3.** Rendimientos para Colado-Acera

Medición	1 (Lunes)	2 (Lunes)	3 (Miércoles)	4 (Viernes)
Trabajadores	5	5	5	5
Duración (h)	0.23	0.25	0.23	0.27
Cantidad de Trabajo (Unidad)	0.17 m <sup>3</sup>	0.1566 m <sup>3</sup>	0.143 m <sup>3</sup>	0.3 m <sup>3</sup>
Rendimiento Cuadrilla (Unidad/h)	0.756	0.626	0.613	1.125
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.239			
Rendimiento trabajador (Unidad/h)	0.151	0.125	0.123	0.225
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.048			
Rendimiento Promedio Cuadrilla (Unidad/h)	0.780			
Rendimiento Promedio Trabajador (Unidad/h)	0.156			

## Muestreo #1

**Cuadro 4.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #1.

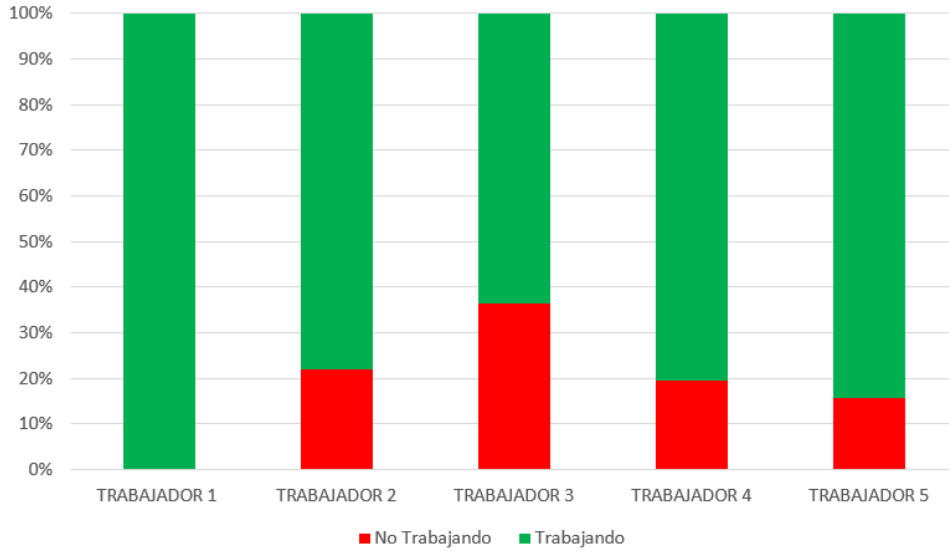
<b>Info./Fecha</b>	<b>LUNES 10 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0700
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



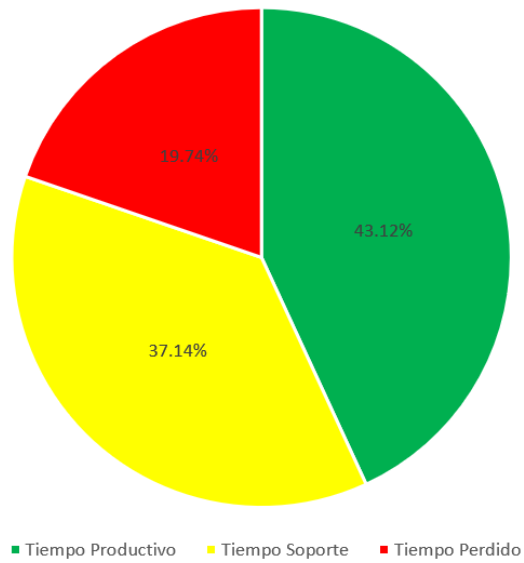
**Figura 3.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Conexión Tubería	Limpiando Formaleta	Nada
Removiendo Escombros	Moviendo Formaleta	Descansando
	Abriendo Portón	Caminando
	Buscando Material	Hablando
	Colocación de Letrero	

**Figura 4.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 5.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 6.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

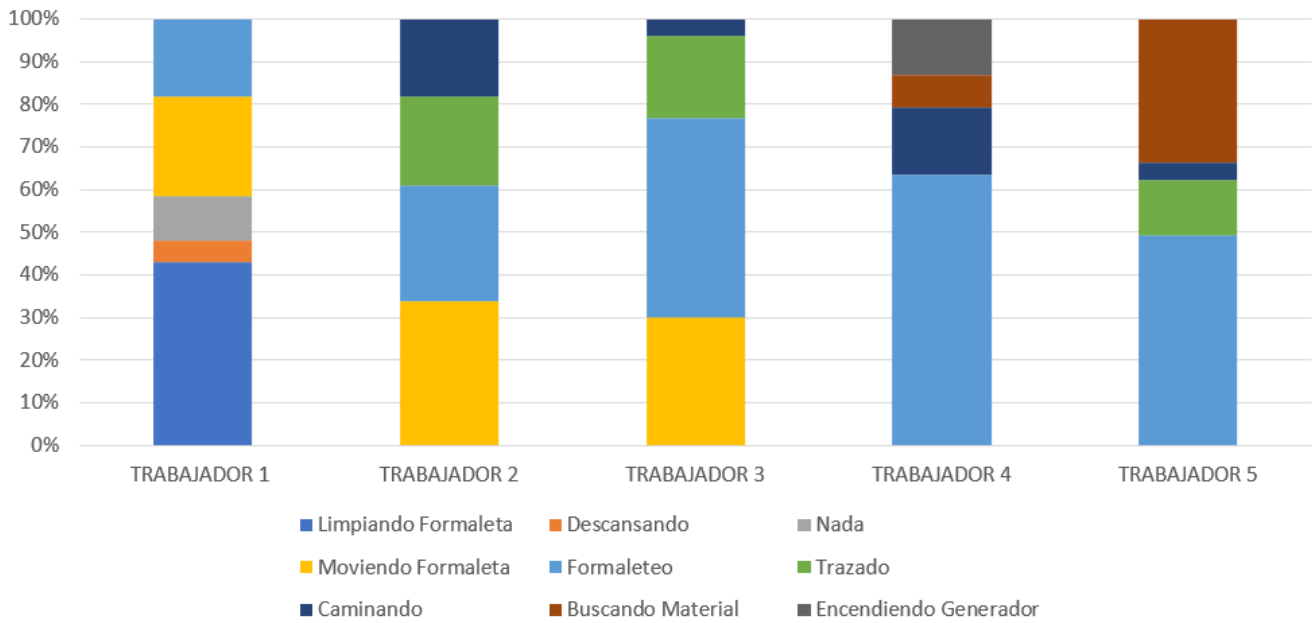


## Muestreo #2

**Cuadro 5.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #2.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>LUNES 24 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0930
<b>TEMPERATURA</b>	32°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

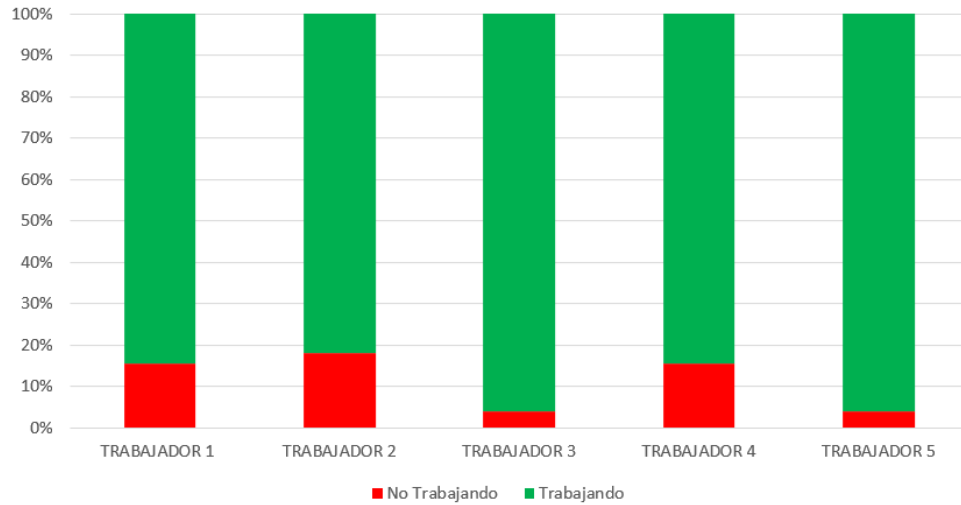
### Crew Balance Acera Lunes Preparación de Terreno



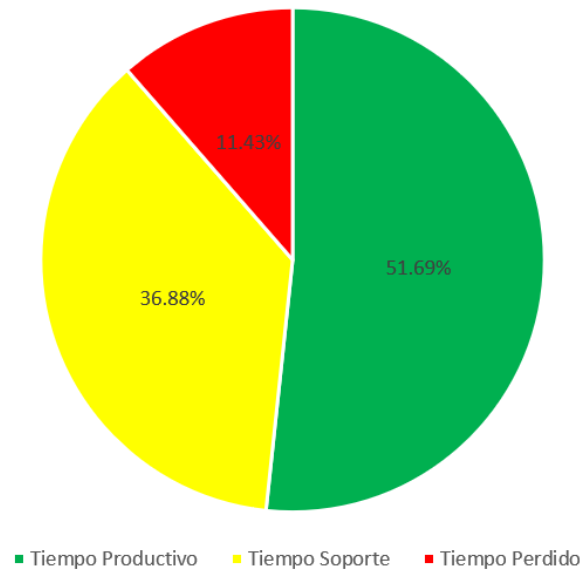
**Figura 7.** Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Formaleteo	Limpiando Formaleta	Descansando
Trazado	Moviendo Formaleta	Nada
	Buscando Material	Caminando
	Encendiendo Generador	

**Figura 8.** Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 9.** Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



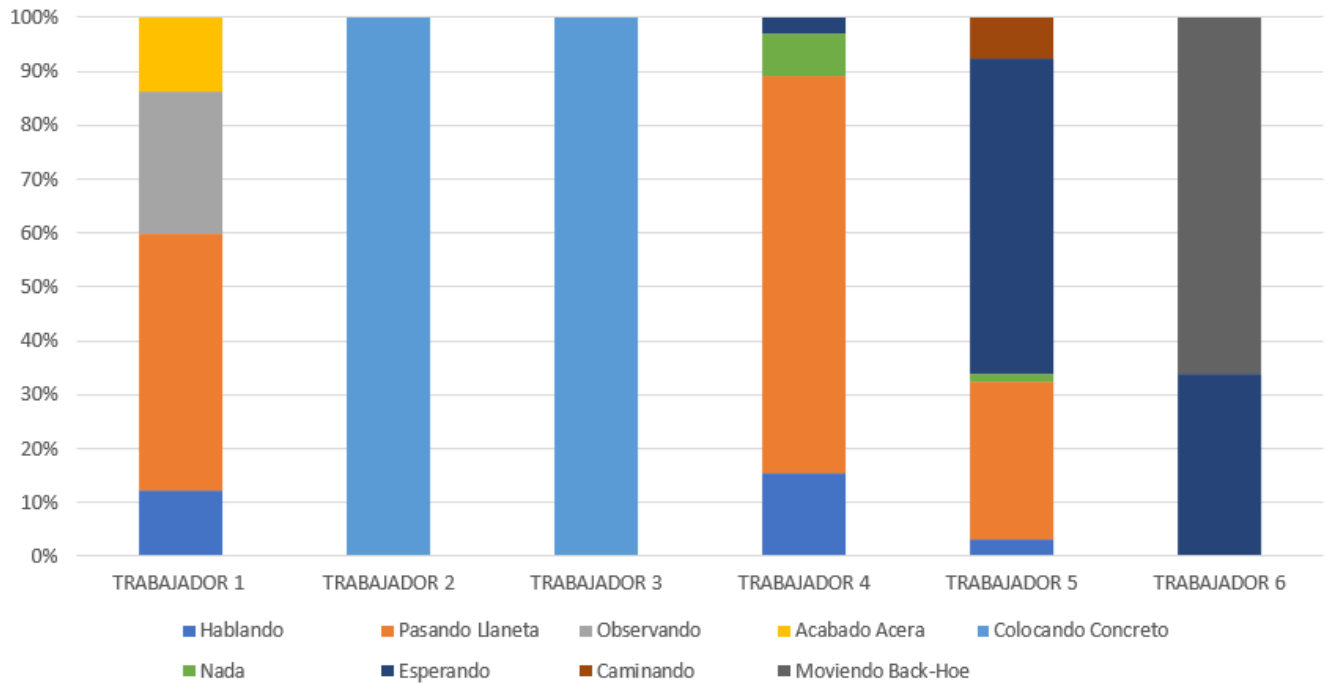
**Figura 10.** Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #3

**Cuadro 6.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #3.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>LUNES 2 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	1025
<b>TEMPERATURA</b>	32°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

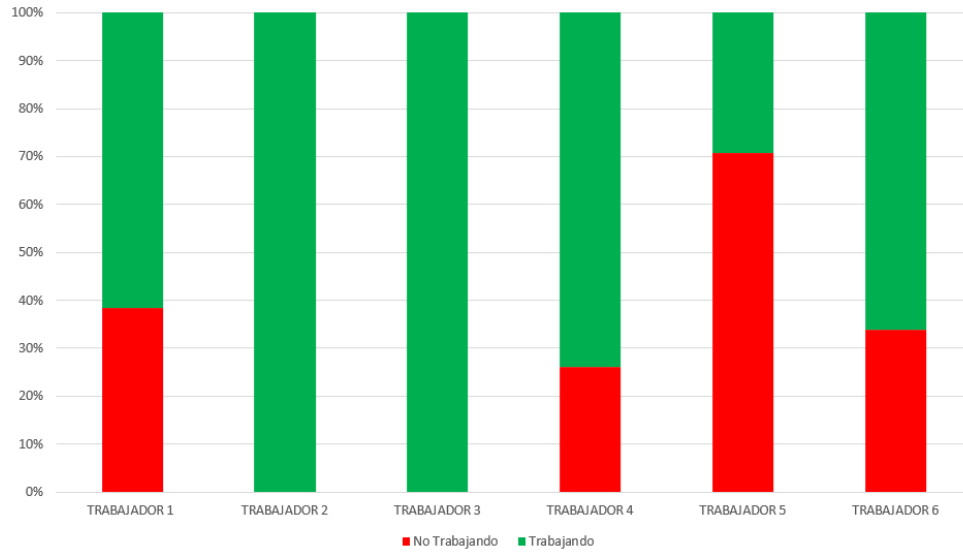
### Crew Balance Acera Lunes Chorrea de Concreto Hidráulico



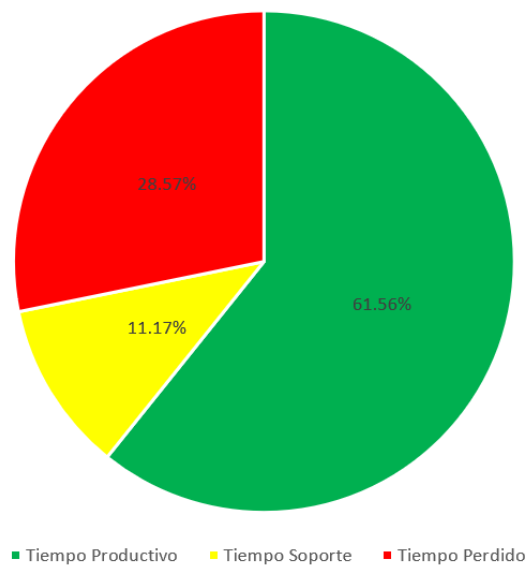
**Figura 11.** Crew Balance Colado, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Pasando Llaneta	Moviendo Back-Hoe	Hablando
Acabado Acera		Observando
Colocando Concreto		Nada
		Esperando
		Caminando

**Figura 12.** Clasificación de tareas Colado, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 13.** Five Minute Rating Colado, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



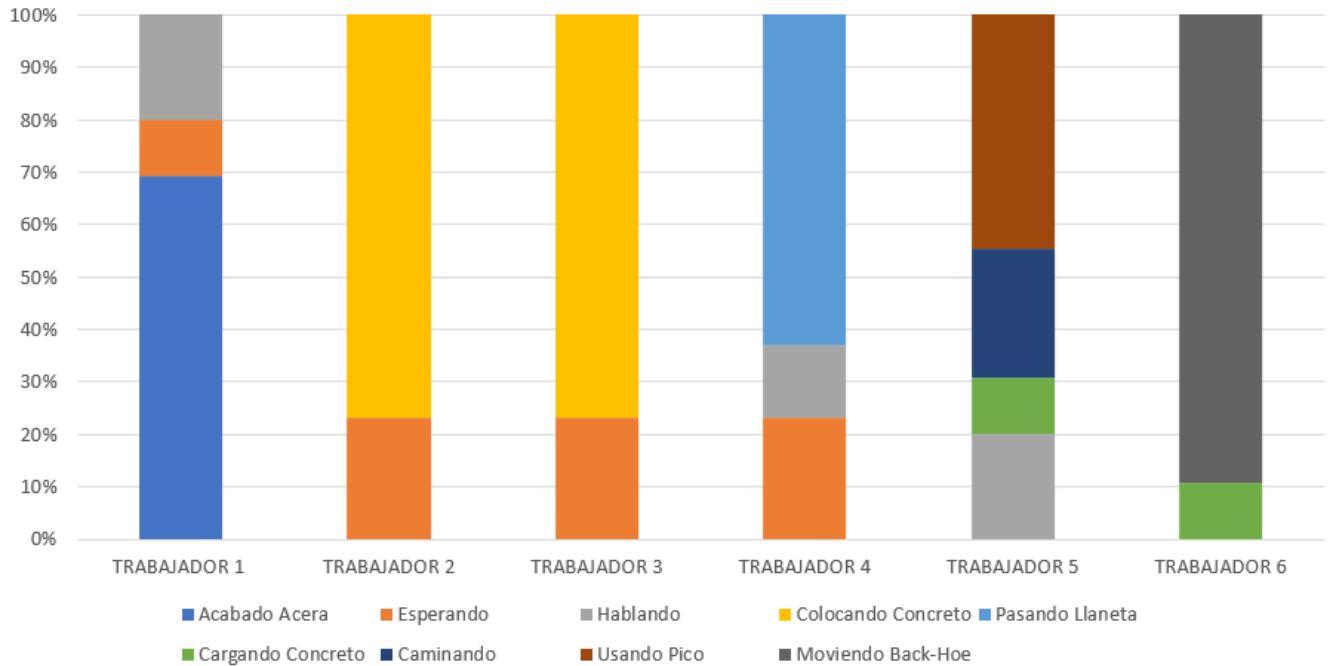
**Figura 14.** Work Sampling Colado, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #4

**Cuadro 7.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #4.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>LUNES 2 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	1050
<b>TEMPERATURA</b>	32°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

### Crew Balance Acera Lunes Chorrea de Concreto Hidráulico

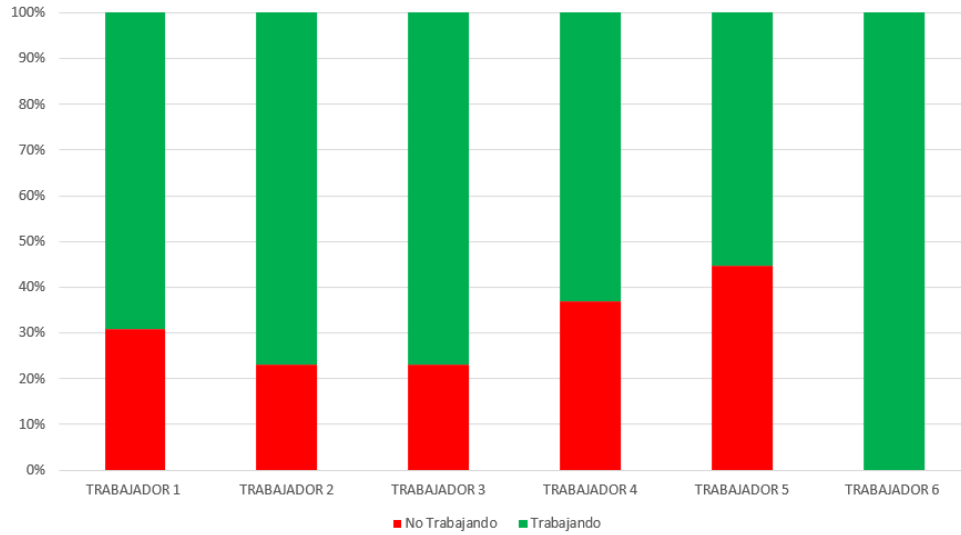


**Figura 15.** Crew Balance Chorrea 2, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

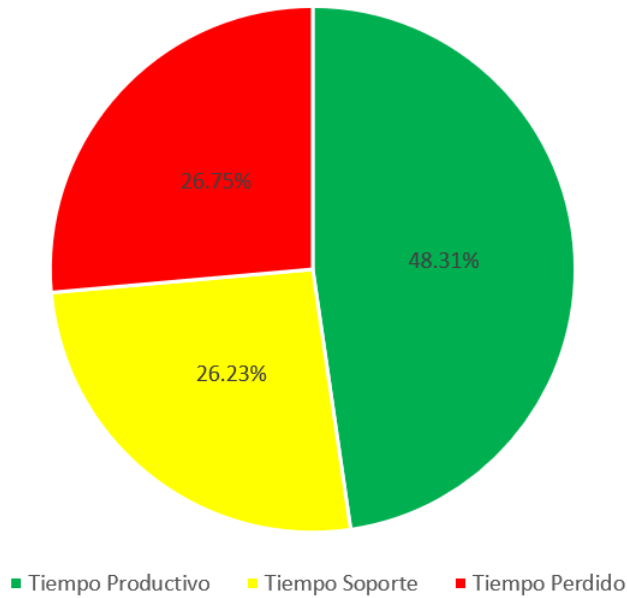
Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Acabado Acera	Cargando Concreto	Esperando
Colocando Concreto	Usando Pico	Hablando
Pasando Llaneta	Moviendo Backhoe	Caminando

**Figura 16.** Clasificación de tareas Chorrea 2, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 17.** Five Minute Rating Colado 2, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



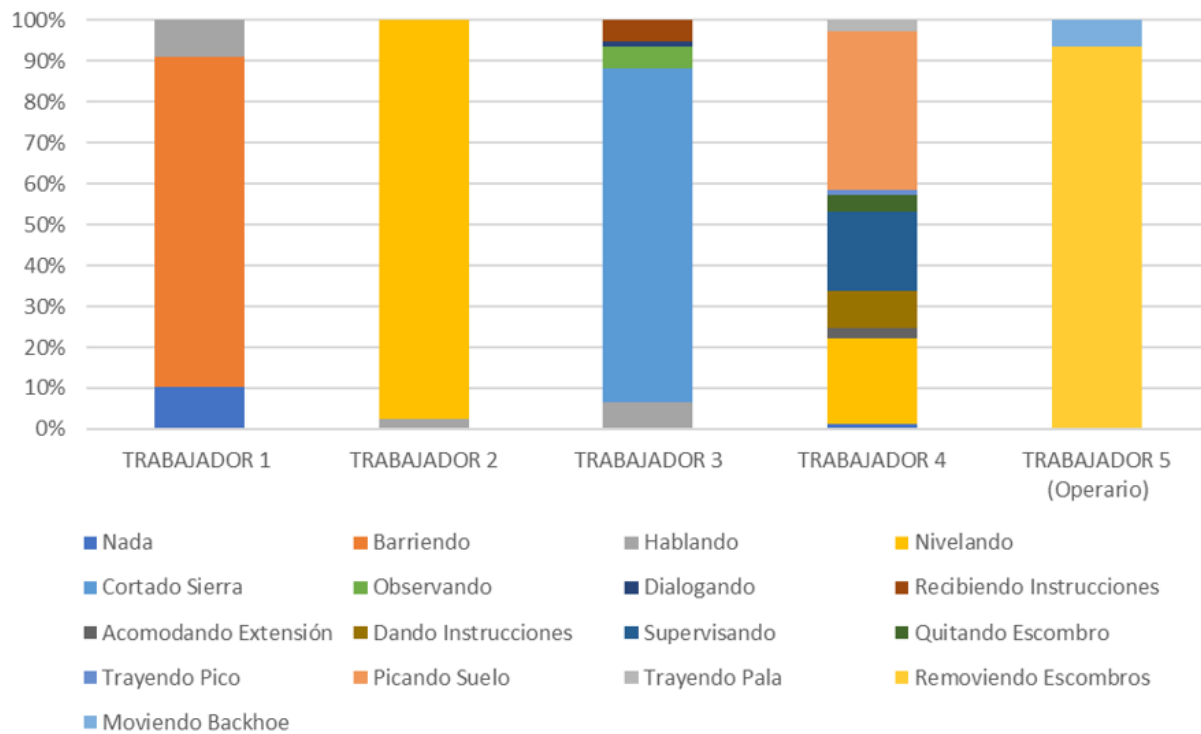
**Figura 18.** Work Sampling Colado 2, Acera-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #5

**Cuadro 8.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #5.

<b>Info./Fecha</b>	<b>MIÉRCOLES 19 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0710
<b>TEMPERATURA</b>	30°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

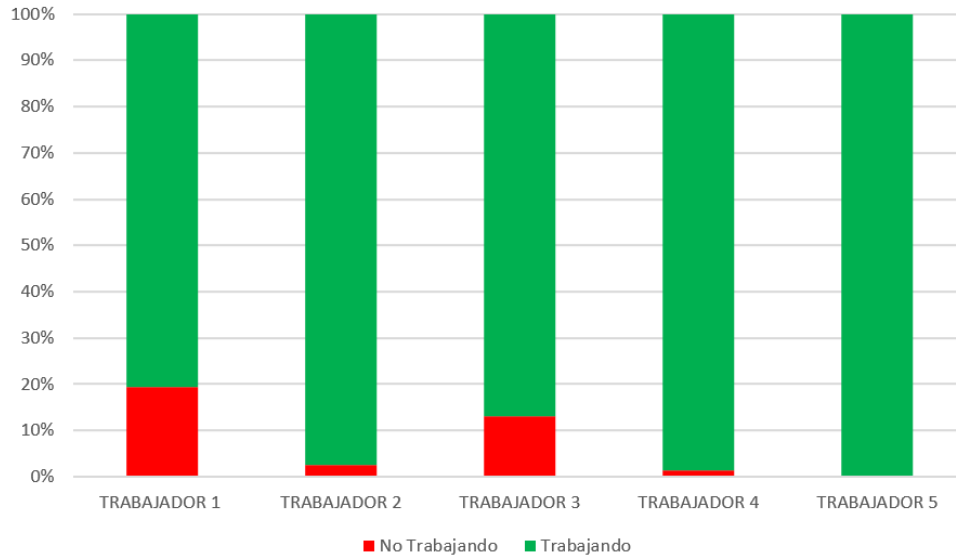
### Crew Balance Acera Miércoles Limpieza de Terreno



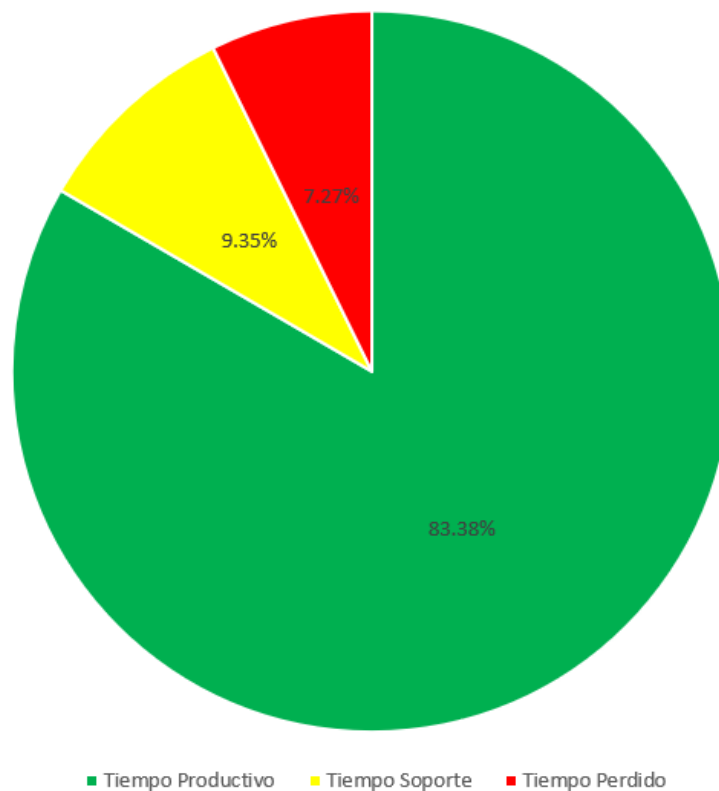
**Figura 19.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Barriendo	Recibiendo Instrucciones	Nada
Nivelando	Acomodando Extensión	Hablando
Cortado Sierra	Dando Instrucciones	Observando
Quitando Escombros	Supervisando	Dialogando
Picando Suelo	Trayendo Pico	
Removiendo Escombros	Trayendo Pala	
	Moviendo Backhoe	

**Figura 20.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 21.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



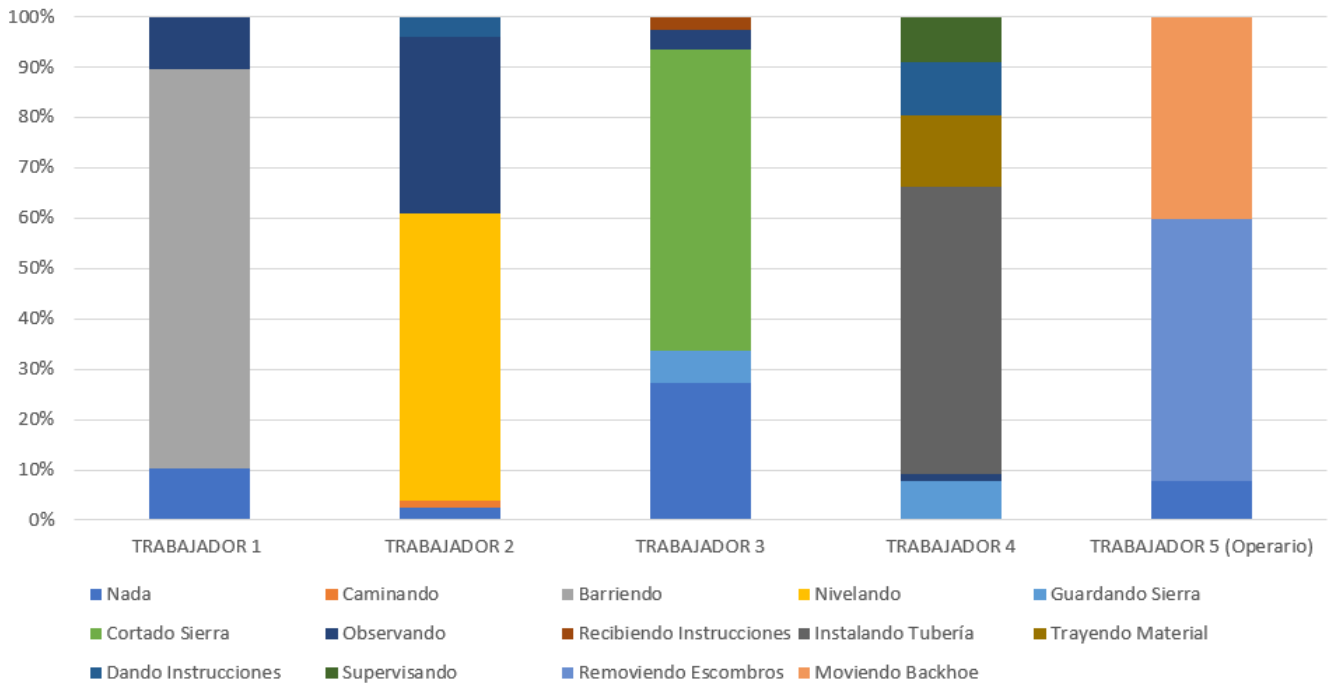
**Figura 22.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #6

**Cuadro 9.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #6.

<b>Info./Fecha</b>	<b>MIÉRCOLES 19 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0750
<b>TEMPERATURA</b>	30°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

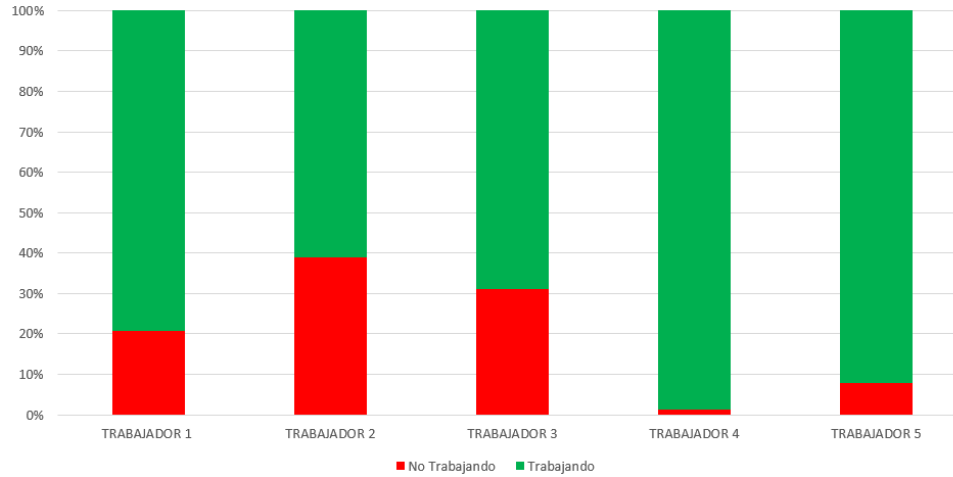
### Crew Balance Acera Miércoles Limpieza de Terreno



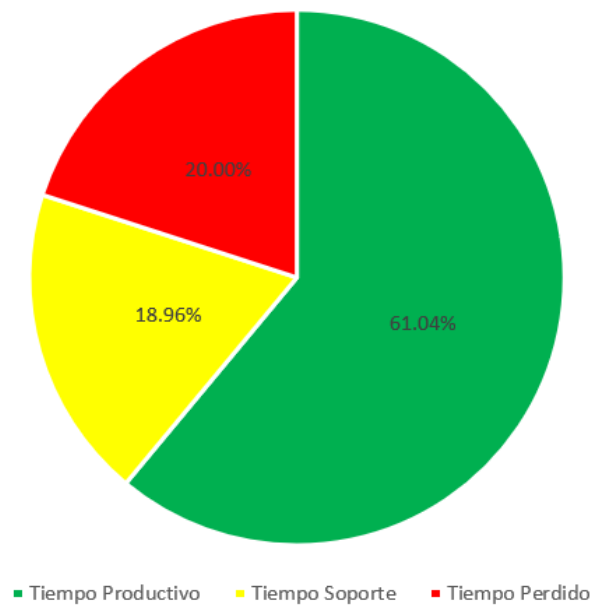
**Figura 23.** Crew Balance Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Barriendo	Guardando Sierra	Nada
Nivelando	Recibiendo Instrucciones	Caminando
Cortado Sierra	Dando Instrucciones	Observando
Instalando Tubería	Trayendo Material	
Removiendo Escombros	Supervisando	
	Moviendo Backhoe	

**Figura 24.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 25.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 26.** Work Sampling Limpieza de Terreno 2, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

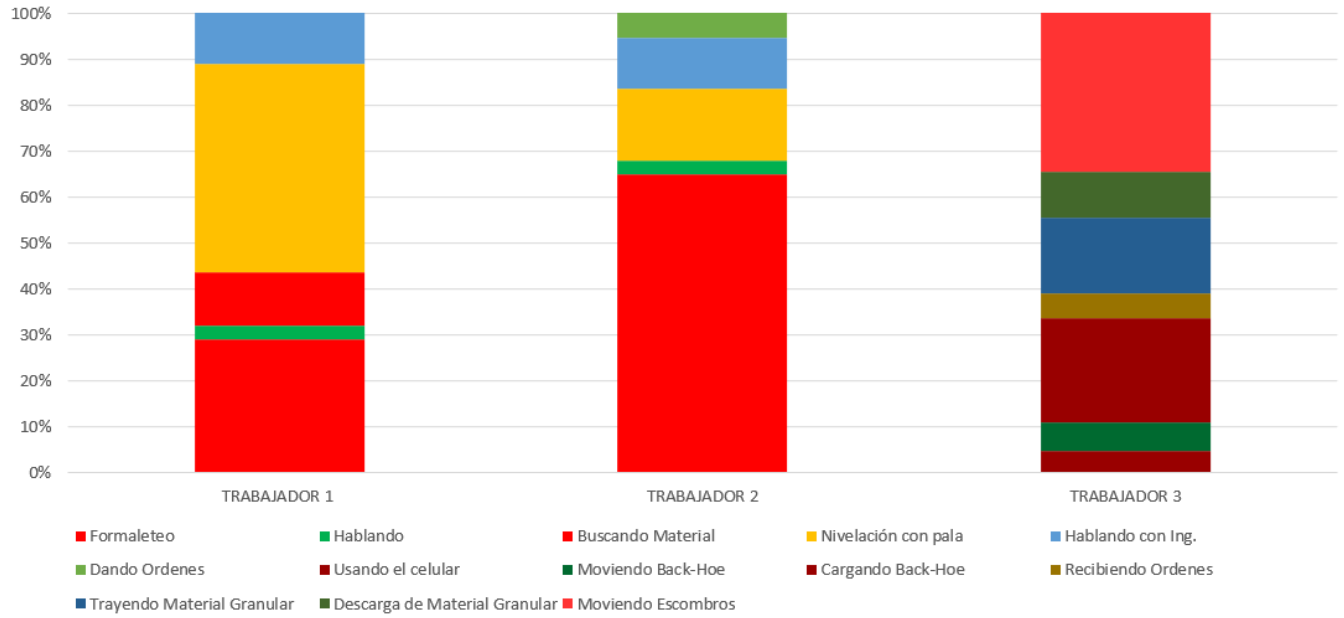
## Muestreo #7

**Cuadro 10.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #7.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>MIÉRCOLES 12 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0910
<b>TEMPERATURA</b>	30°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	3
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	387
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



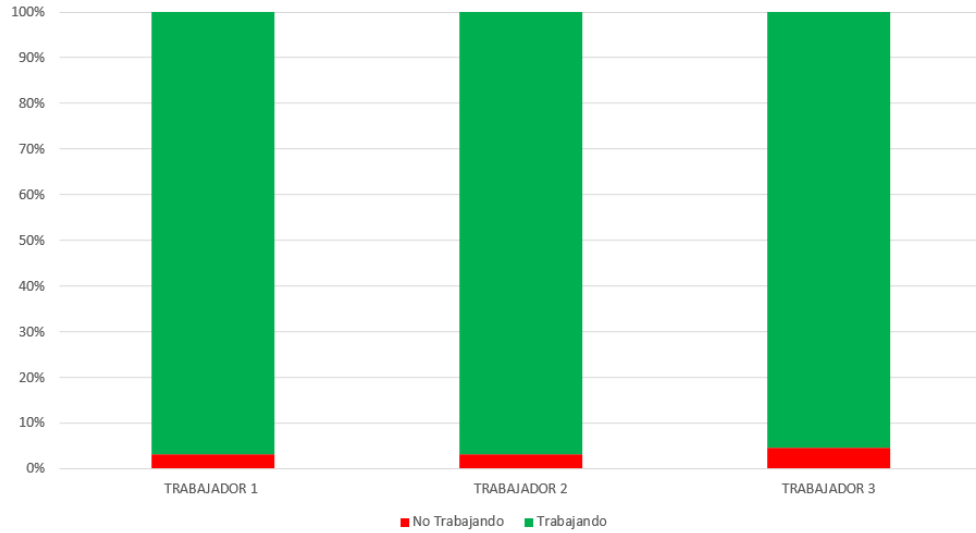
### Crew Balance Acera Miércoles Preparación de Terreno



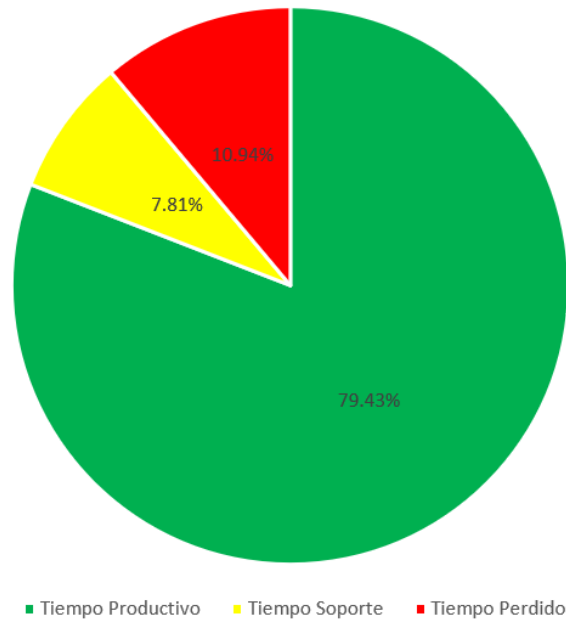
**Figura 27.** Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Formaleteo	Buscando Material	Hablando
Nivelación con pala	Dando Ordenes	Hablando con Ing.
Cargando Back-Hoe	Moviendo Back-Hoe	Usando el celular
Descarga de Material Granular	Recibiendo Ordenes	
Moviendo Escombros		
Trayendo Material Granular		

**Figura 28.** Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 29.** Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



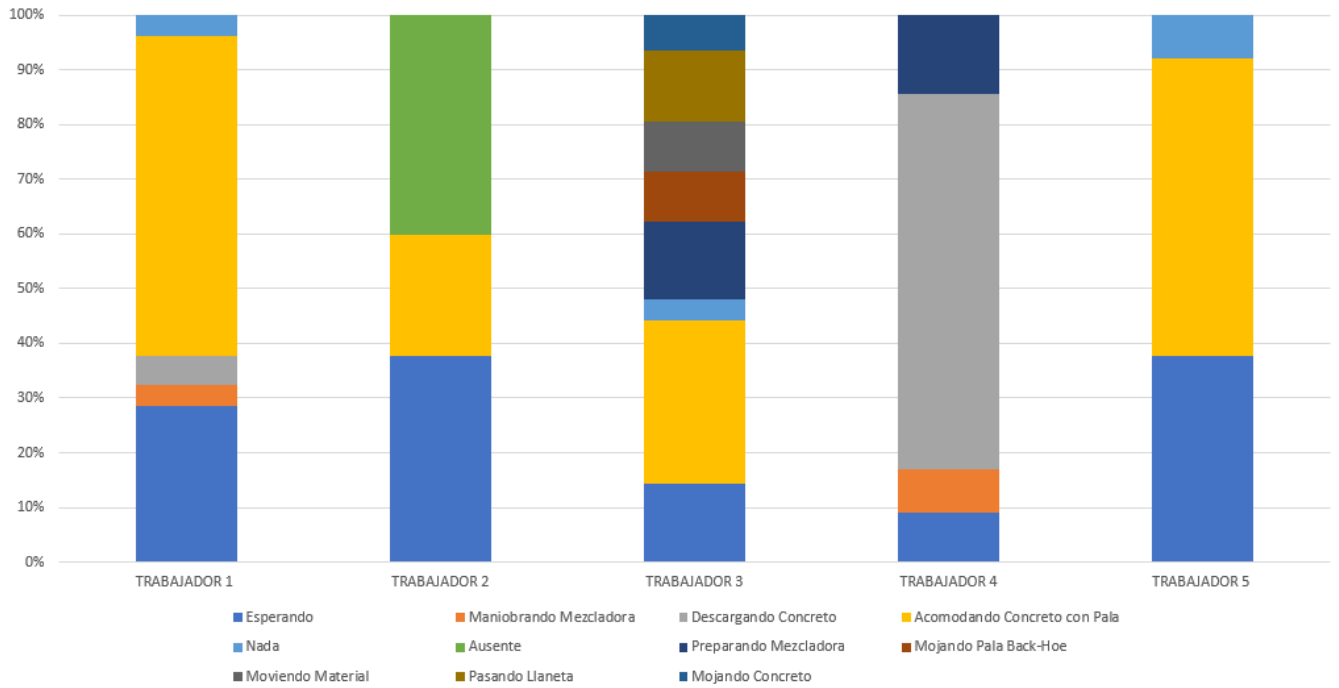
**Figura 30.** Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #8

**Cuadro 11.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #8.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>MIÉRCOLES 4 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	1000
<b>TEMPERATURA</b>	30°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

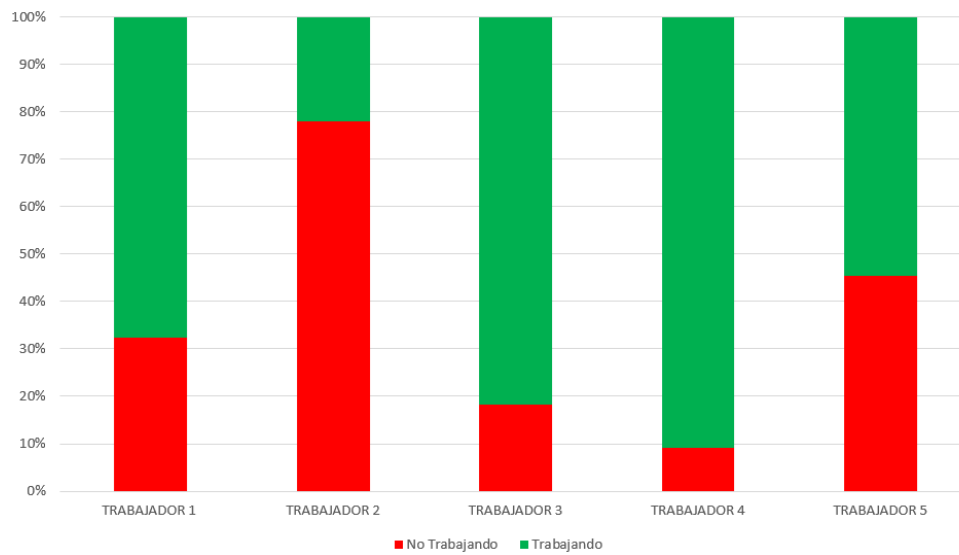
Crew Balance Acera Miércoles  
Chorrea Concreto Hidráulico



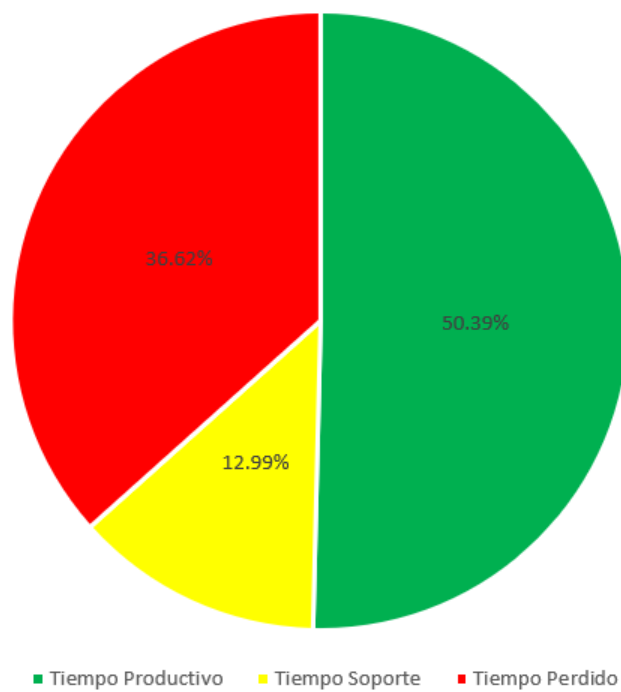
**Figura 31.** Crew Balance Colado, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Descargando Concreto	Maniobrando Mezcladora	Esperando
Acomodando Concreto con Pala	Preparando Mezcladora	Nada
Pasando Llaneta	Mojando Pala Back-Hoe	Ausente
	Moviendo Material	
	Mojando Concreto	

**Figura 32.** Clasificación de tareas Colado, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 33.** Five Minute Rating Colado, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

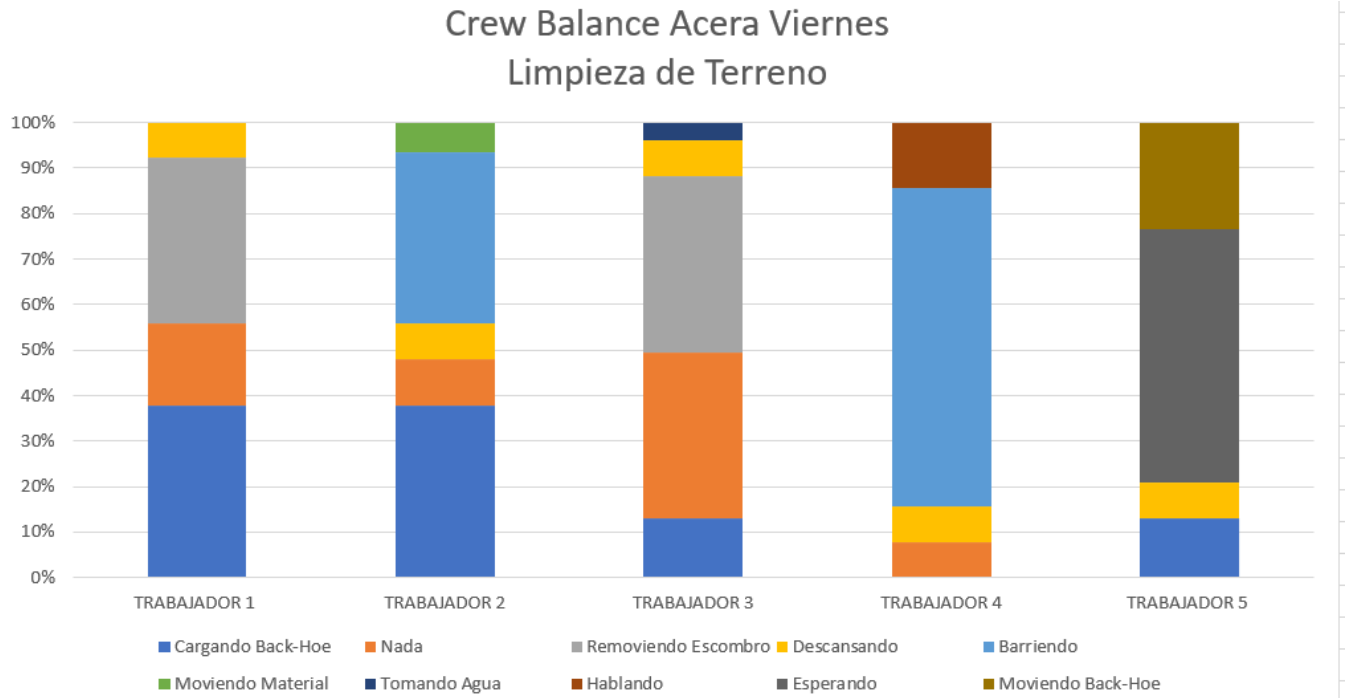


**Figura 34.** Work Sampling Colado, Acera-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #9

**Cuadro 12.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #9.

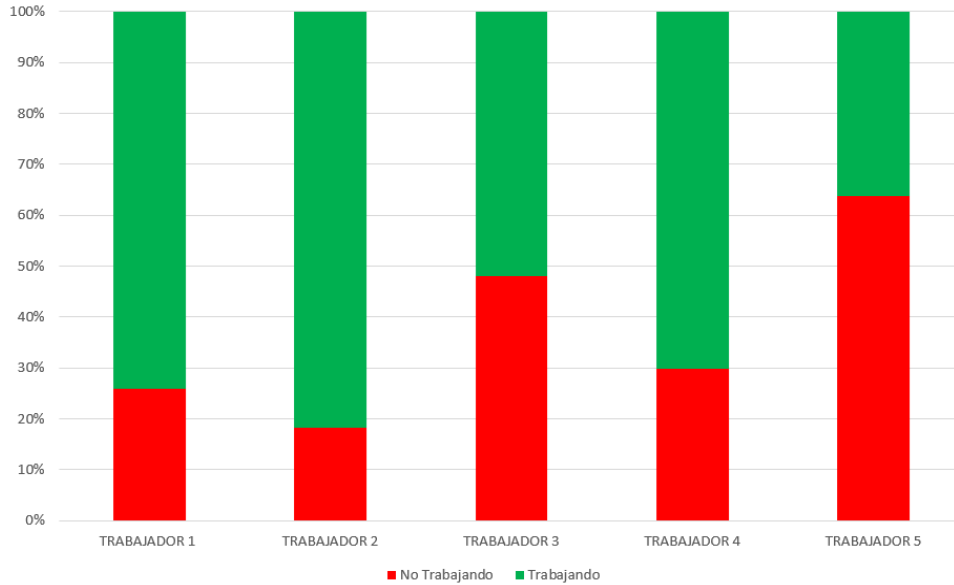
<b>Info./Fecha</b>	<b>VIERNES 28 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0700
<b>TEMPERATURA</b>	28°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



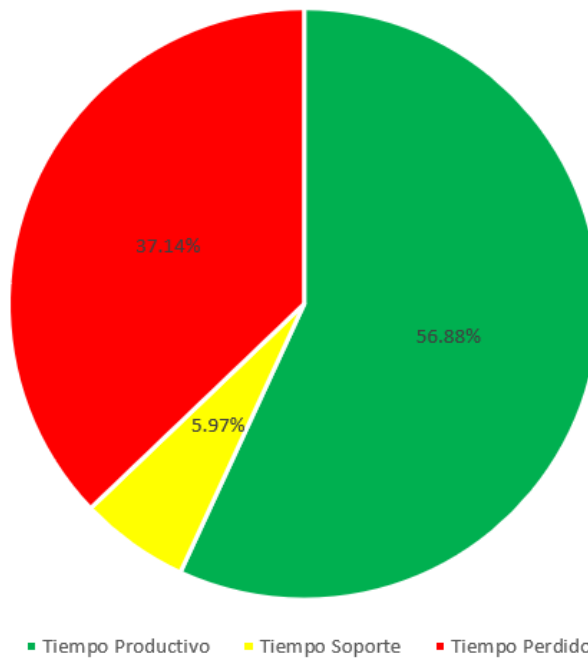
**Figura 35.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Cargando Backhoe	Moviendo Material	Nada
Removiendo Escombros	Moviendo Backhoe	Descansando
Barriendo		Tomando Agua
		Hablando
		Esperando

**Figura 36.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 37.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 38.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

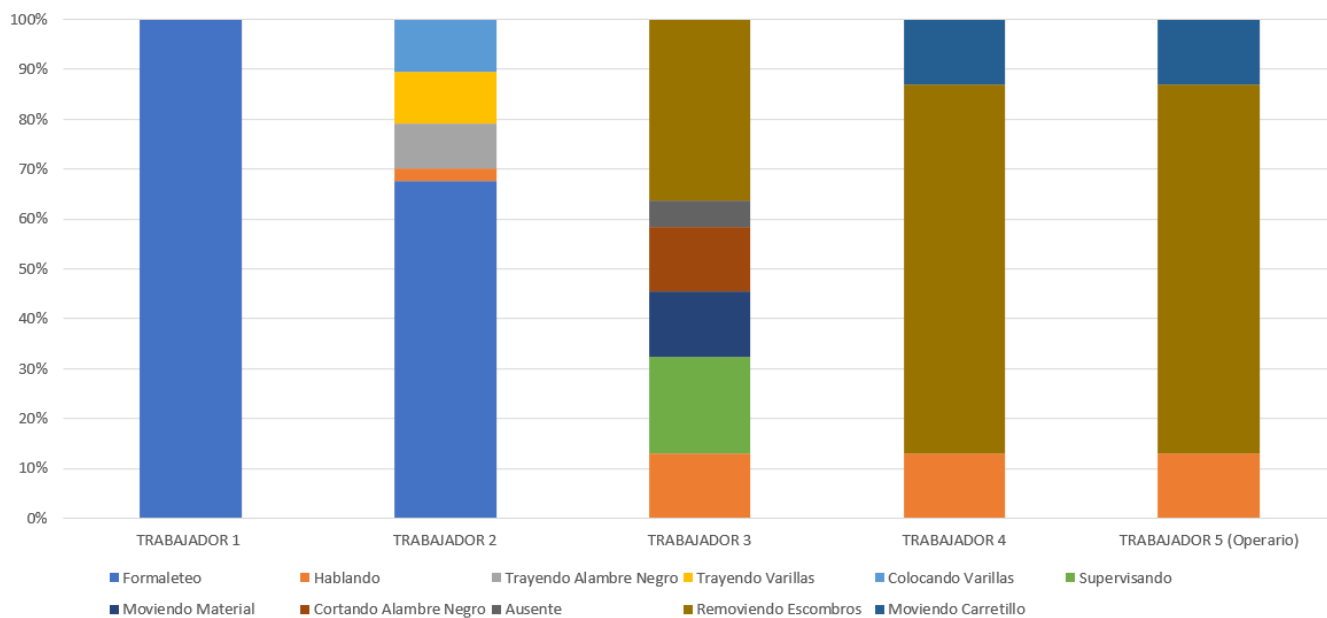


## Muestreo #10

**Cuadro 13.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #10.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>VIERNES 21 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0910
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

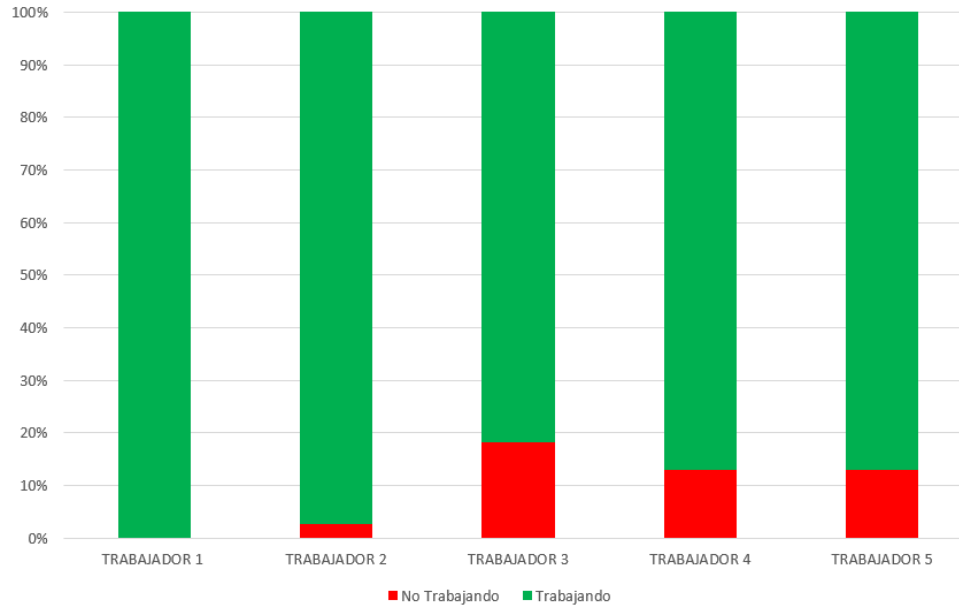
Crew Balance Acera Viernes  
Preparación de Terreno



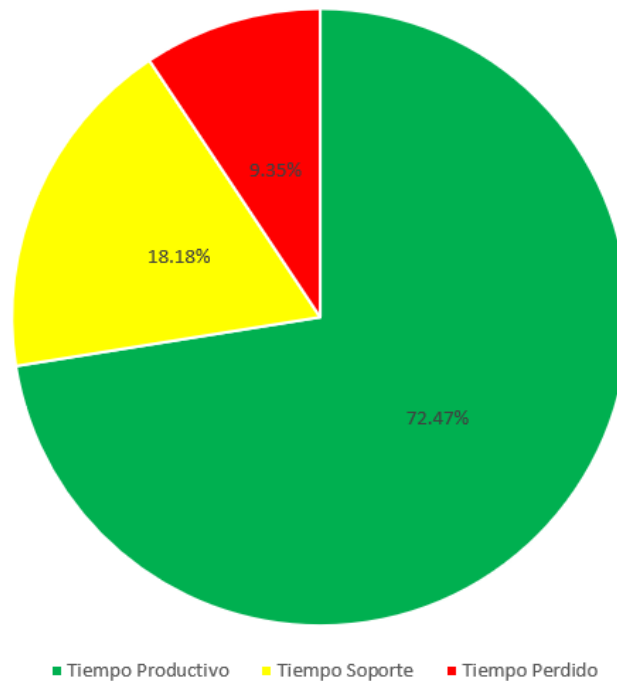
**Figura 39.** Crew Balance Preparación de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Formaleteo	Trayendo Alambre Negro	Hablando
Colocando Varillas	Trayendo Varillas	Ausente
Removiendo Escombros	Supervisando	
	Moviendo Material	
	Cortando Alambre Negro	
	Moviendo Carretillo	

**Figura 40.** Clasificación de tareas Preparación de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 41.** Five Minute Rating Preparación de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

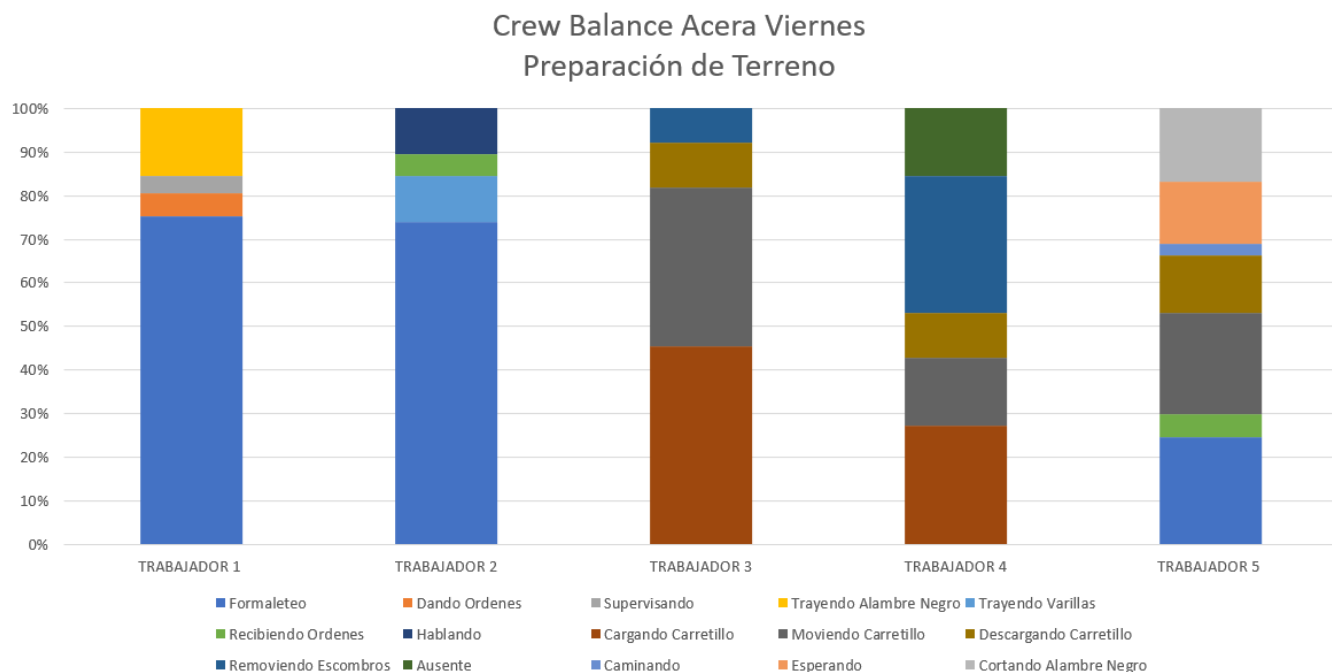


**Figura 42.** Work Sampling Preparación de Terreno, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #11

**Cuadro 14.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #11.

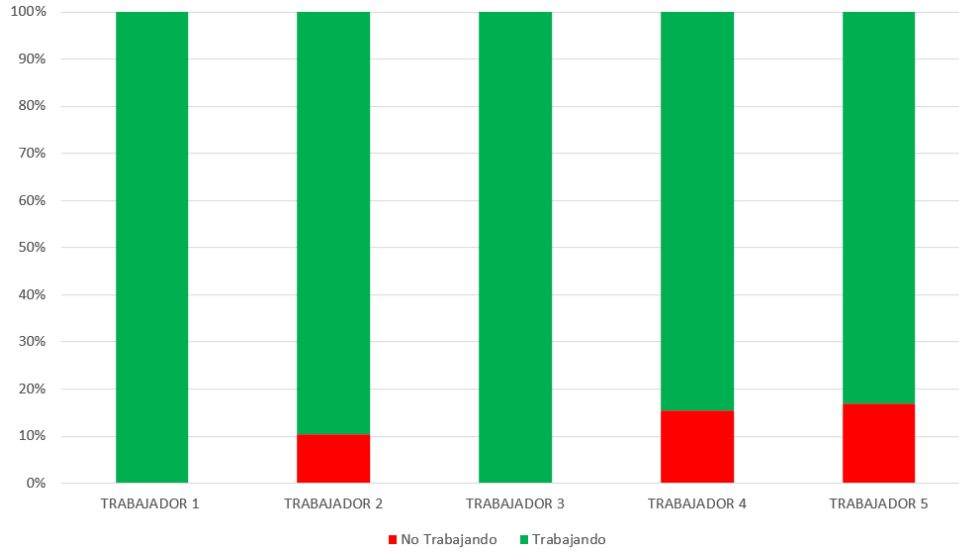
<b>ACERA/INFO.</b>	<b>VIERNES 21 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	0945
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



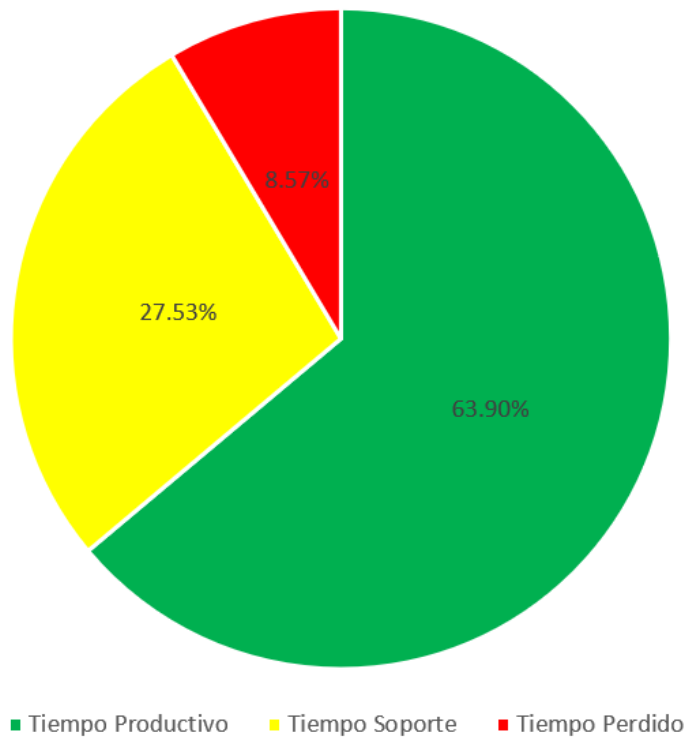
**Figura 43.** Crew Balance Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Formaleteo	Dando Ordenes	Hablando
Cargando Carretillo	Supervisando	Ausente
Descargando Carretillo	Trayendo Alambre Negro	Caminando
Removiendo Escombros	Trayendo Varillas	Esperando
	Recibiendo Ordenes	
	Moviendo Carretillo	
	Cortando Alambre Negro	

**Figura 44.** Clasificación de tareas Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 45.** Five Minute Rating Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

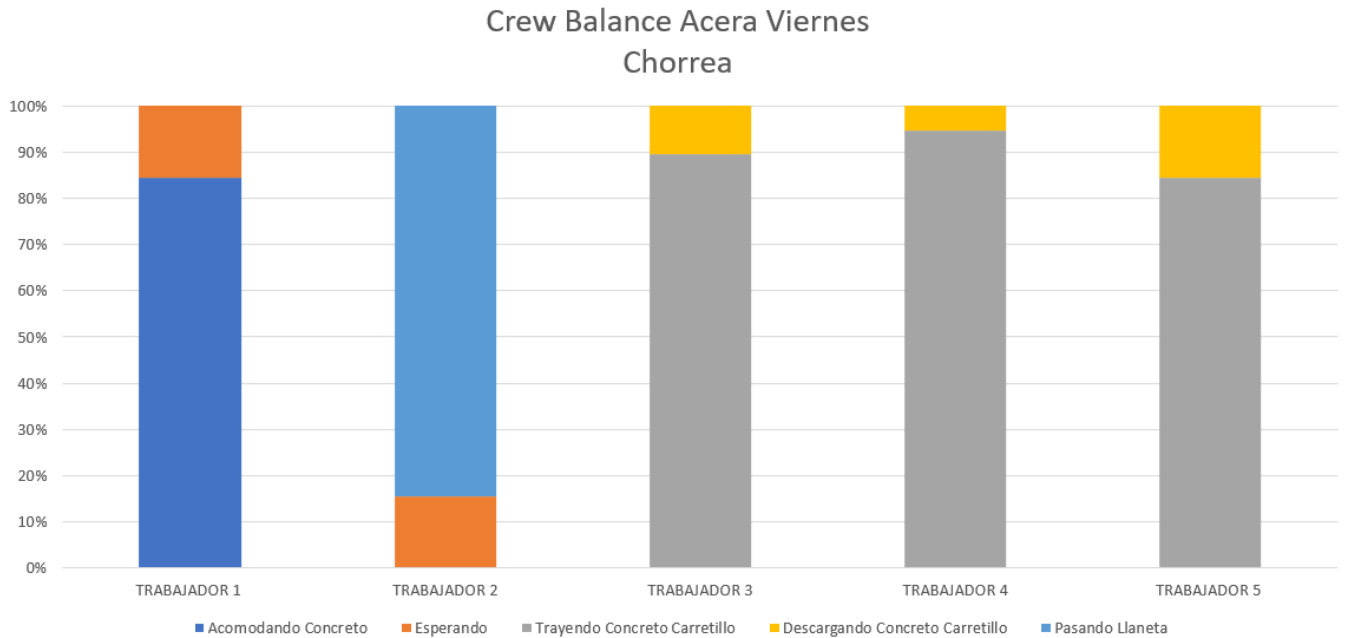


**Figura 46.** Work Sampling Preparación de Terreno 2, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #12

**Cuadro 15.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #12.

<b>ACERA/INFO.</b>	<b>VIERNES 6 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia-Ulloa-Lagunilla
<b>HORA</b>	1030
<b>TEMPERATURA</b>	28°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

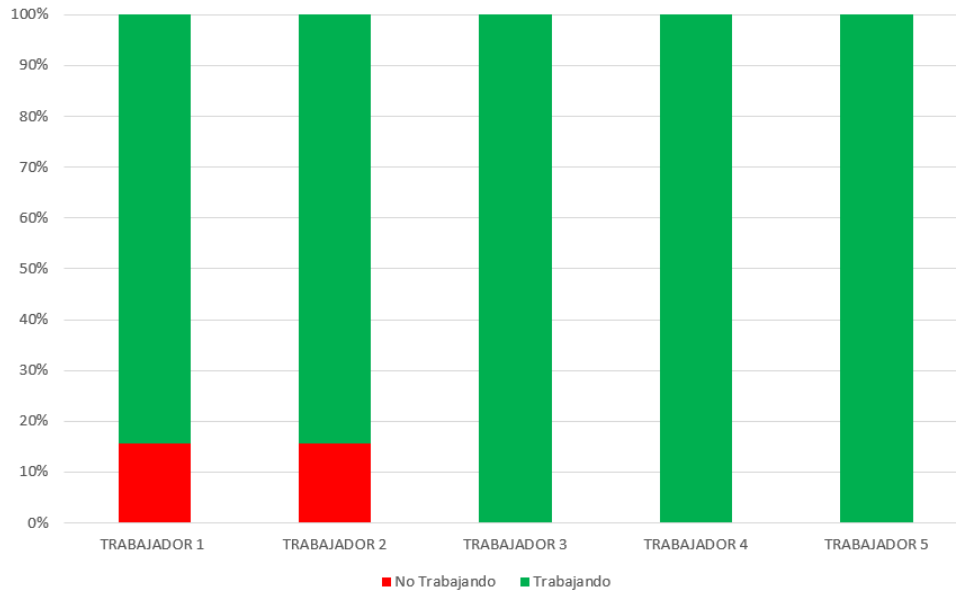


**Figura 47.** Crew Balance Colado, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

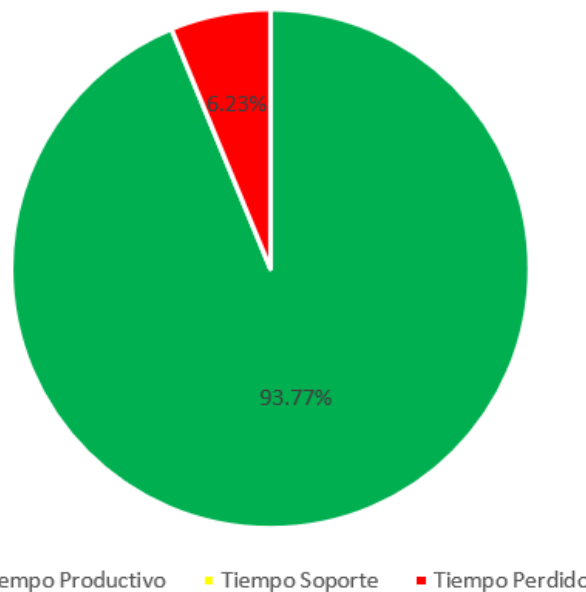
Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Acomodando Concreto	-	Esperando
Trayendo Concreto Carretillo		
Descargando Concreto Carretillo		
Pasando Llaneta		

**Figura 48.** Clasificación de tareas Colado, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 49.** Five Minute Rating Colado, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



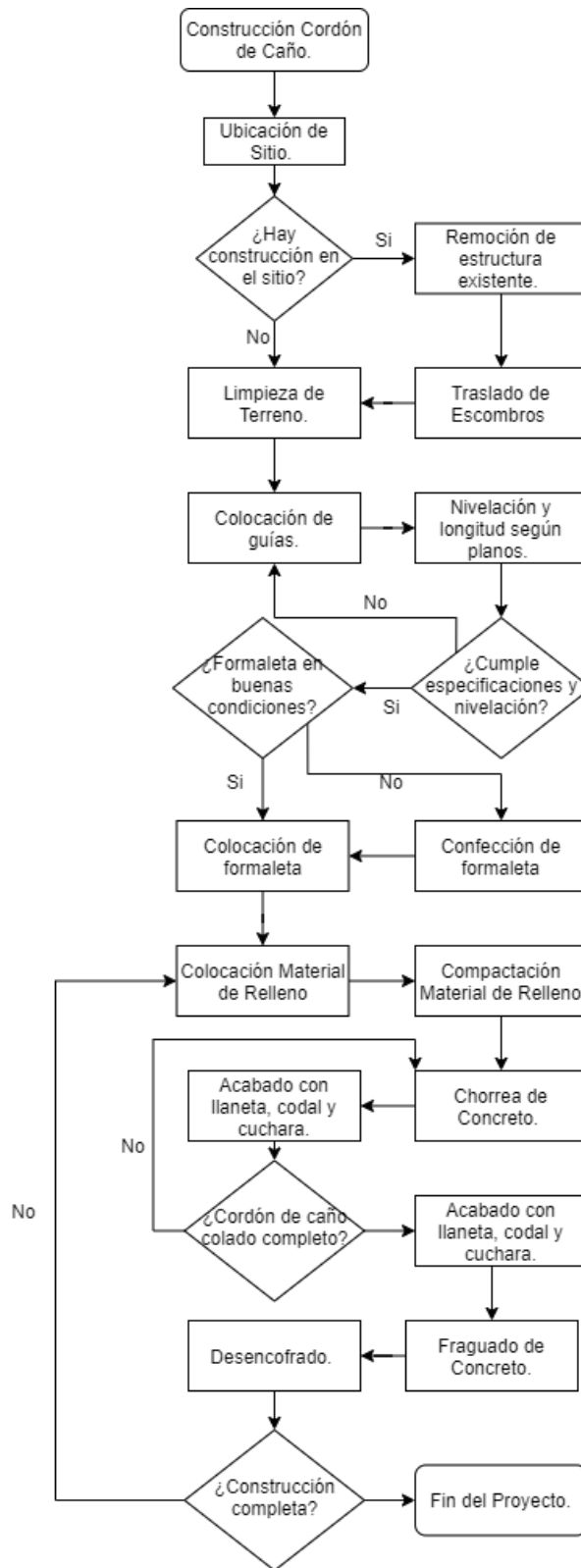
**Figura 50.** Work Sampling Colado, Acera-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## **Construcción de Cordones de Caño**

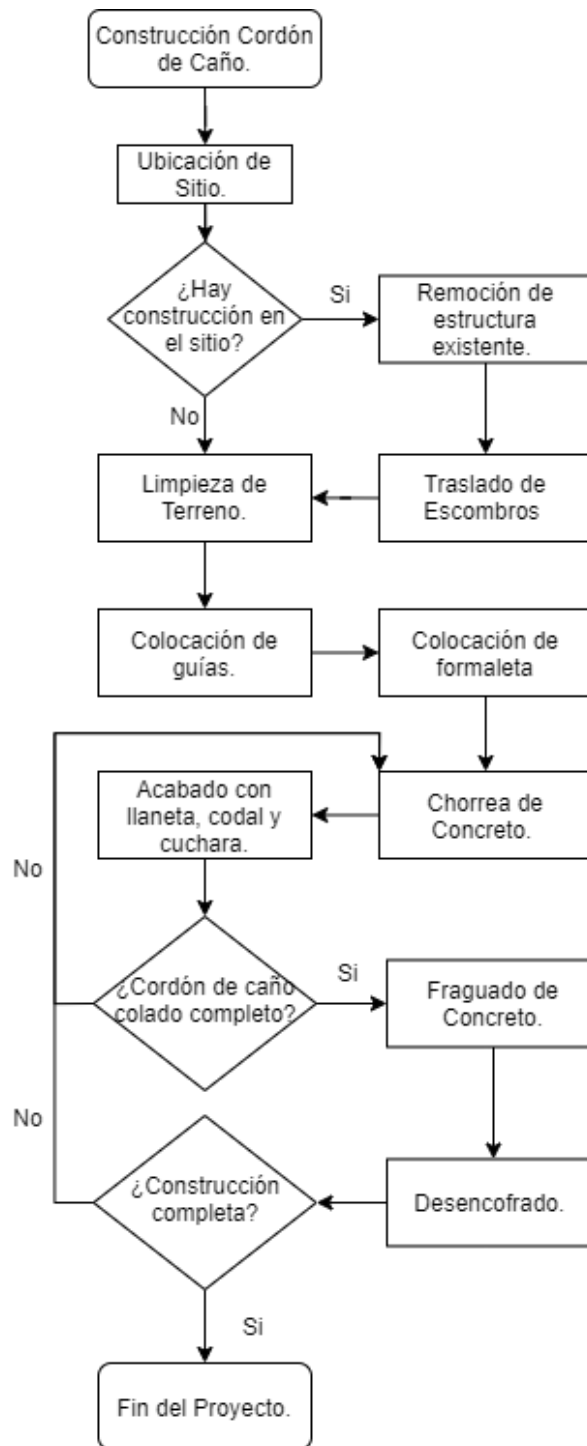
En la presente sección se muestra los resultados de las mediciones realizadas para la construcción de cordones de caño. Estas se toman al igual que las aceras los días lunes, miércoles y viernes. Las actividades registradas fueron la Limpieza de Terreno y Colado, no se pudo registrar más actividades debido a no contar con la totalidad de los datos en las demás actividades, producto de la afectación provocada por el corona-virus.

### **Diagrama de Flujo para Construcción de Cordones de Caño**

Al igual que en la sección de construcción de aceras, se muestra los dos diagramas de flujo, el teórico y el real. Esto es de suma importancia, pues es otro foco el cual junto con los resultados de rendimiento y productividad, ponen en mayor evidencia las áreas donde se afecta el avance óptimo de la obra.



**Figura 51.** Diagrama de Flujo Construcción de Cordón de Caño, Teórico.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 52.** Diagrama de Flujo Construcción de Cordón de Caño, Real.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Rendimientos para Construcción de Cordones de Caño

Los rendimientos de la construcción de cordones de caño también se representan en cuadros, para así mostrar cuál día tiene mayor impacto de manera positiva o negativa. Al detectar el día con mayor afectación, se puede analizar maneras de mejorar la eficiencia.

**Cuadro 16.** Rendimientos para Limpieza de Terreno-Caño

Medición	1 (Lunes)	2 (Miércoles)	3 (Viernes)
Trabajadores	2	2	2
Duración (h)	0.30	0.33	0.37
Cantidad de Trabajo (Unidad)	8.1 m	7.9 m	6.1333 m
Rendimiento Cuadrilla (Unidad/h)	27.000	23.702	16.726
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	5.246		
Rendimiento trabajador (Unidad/h)	13.500	11.851	8.363
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	2.623		
Rendimiento Promedio Cuadrilla (Unidad/h)	22.476		
Rendimiento Promedio Trabajador (Unidad/h)	11.238		

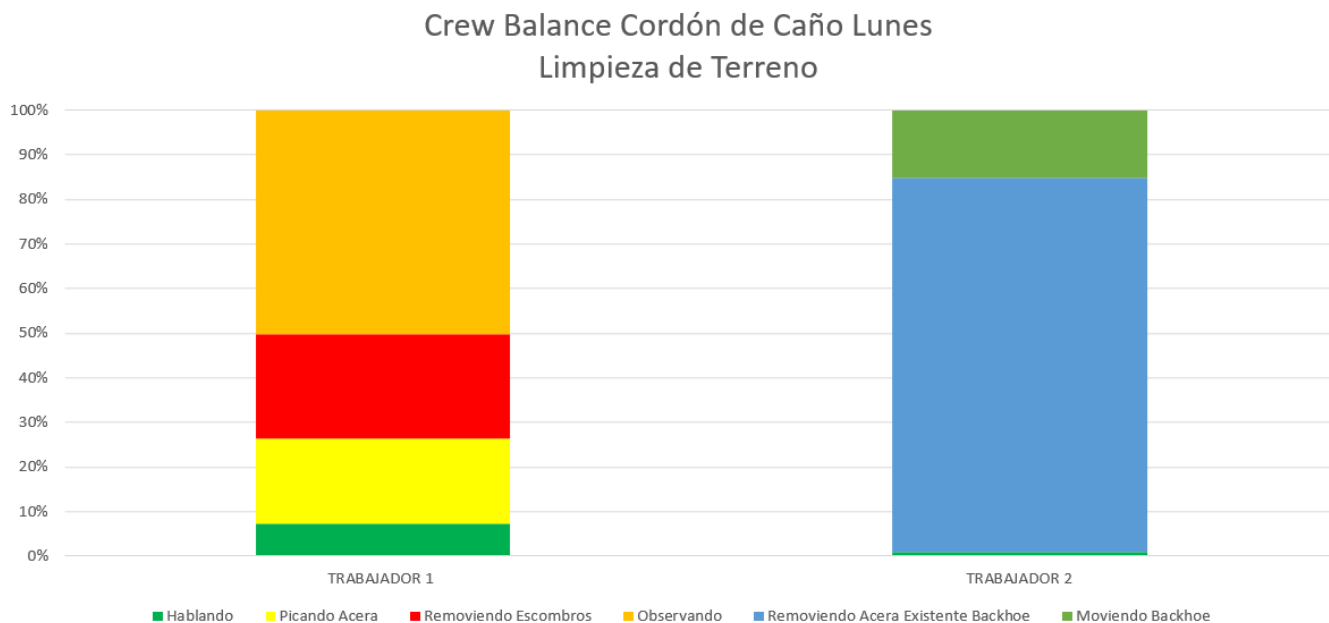
**Cuadro 17.** Rendimientos para Colado-Caño

Medición	1 (Lunes)	2 (Miércoles)	3 (Viernes)
Trabajadores	5	5	5
Duración (h)	0.24	0.24	0.25
Cantidad de Trabajo (Unidad)	0.273 m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup>	0.2667 m <sup>3</sup>
Rendimiento Cuadrilla (Unidad/h)	1.122	0.910	1.067
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.110		
Rendimiento trabajador (Unidad/h)	0.224	0.182	0.213
Desviación Estándar ( $\sigma$ )	0.022		
Rendimiento Promedio Cuadrilla (Unidad/h)	1.033		
Rendimiento Promedio Trabajador (Unidad/h)	0.207		

## Muestreo #13

**Cuadro 18.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #13.

<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>LUNES 24 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	0720
<b>TEMPERATURA</b>	32°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	2
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	386
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana

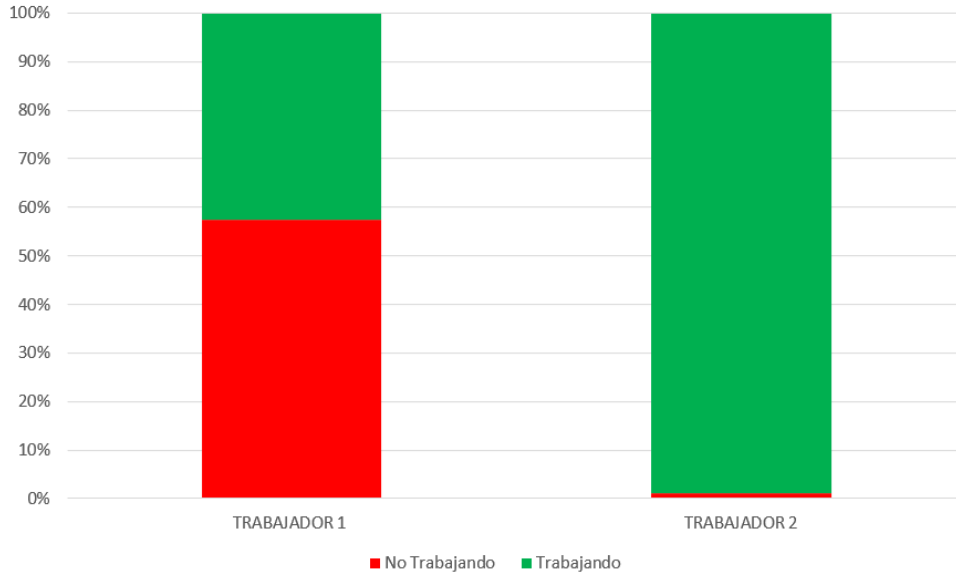


**Figura 53.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

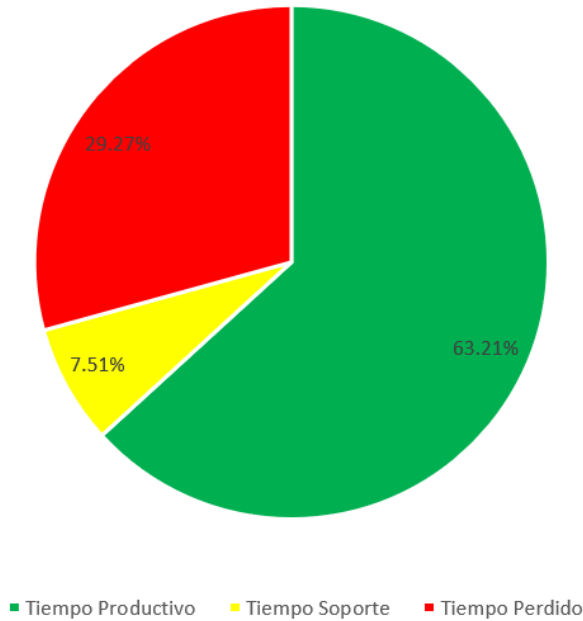
Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Picando Acera	Moviendo Backhoe	Hablando
Removiendo Acera Existente Backhoe		Observando
Removiendo Escombros		

**Figura 54.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.





**Figura 55.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

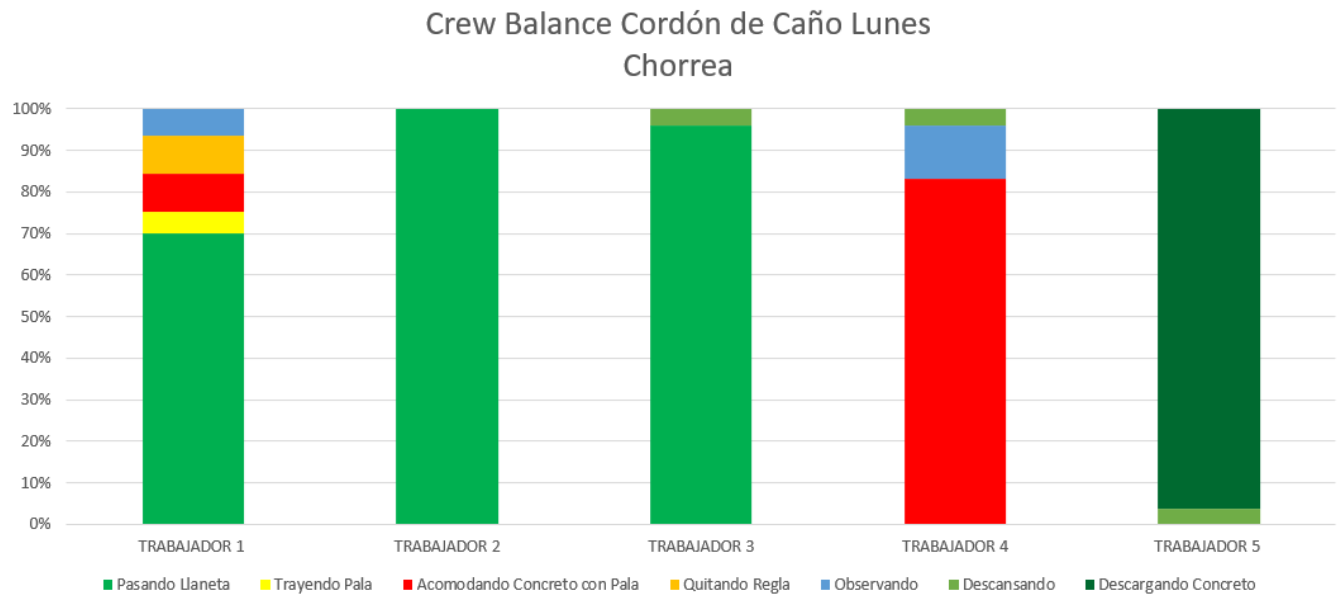


**Figura 56.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #14

**Cuadro 19.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #14.

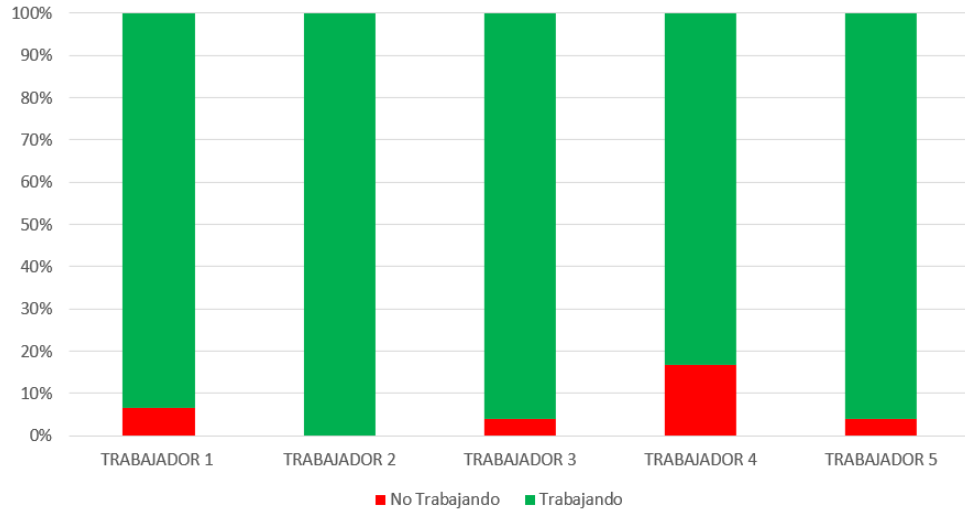
<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>LUNES 9 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	1000
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



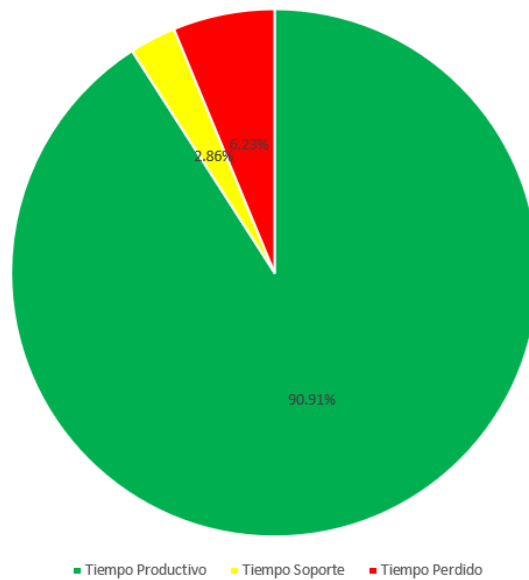
**Figura 57.** Crew Balance Colado, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Tiempo Productivo</b>	<b>Tiempo Soporte</b>	<b>Tiempo Perdido</b>
Pasando Llaneta	Trayendo Pala	Observando
Acomodando Concreto con Pala	Quitando Regla	Descansando
Descargando Concreto		

**Figura 58.** Clasificación de tareas Colado, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 59.** Five Minute Rating Colado, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

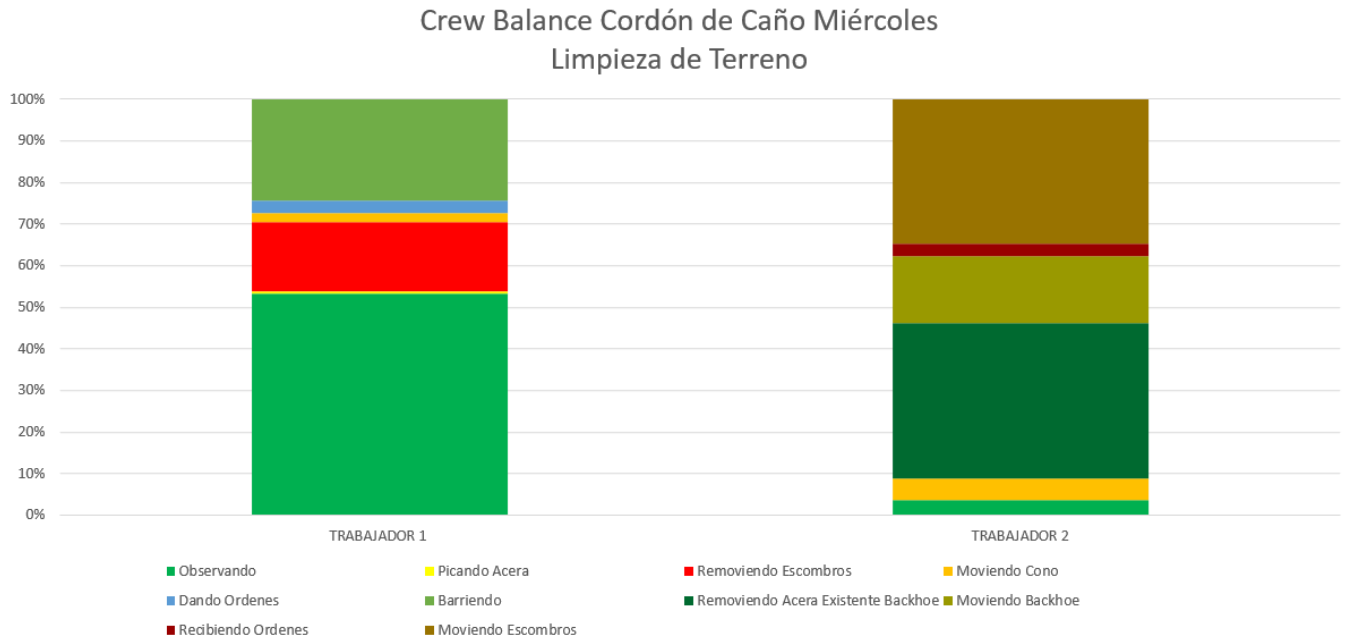


**Figura 60.** Work Sampling Colado, Caño-Lunes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #15

**Cuadro 20.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #15.

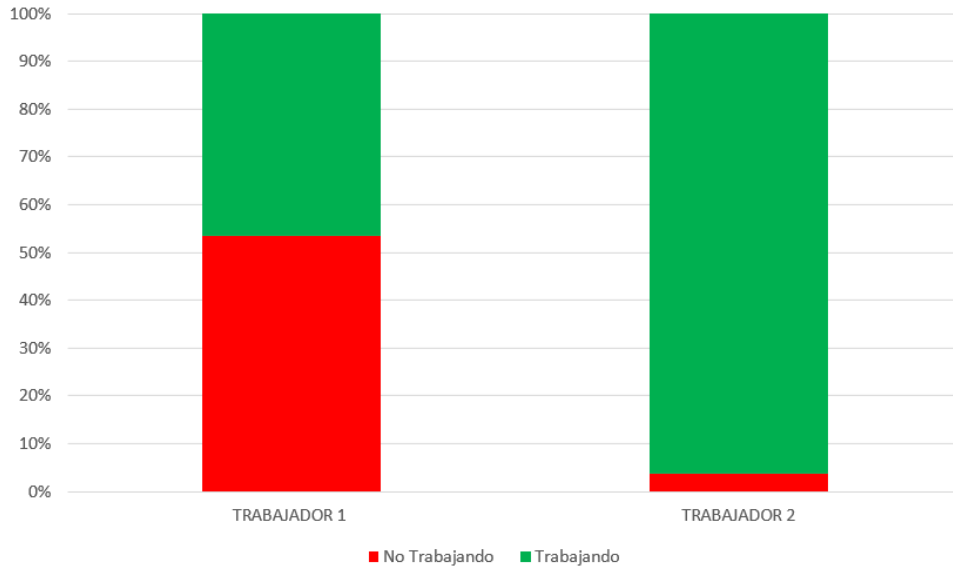
<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>MIÉRCOLES 12 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	0700
<b>TEMPERATURA</b>	30°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Nublado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	2
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	386
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



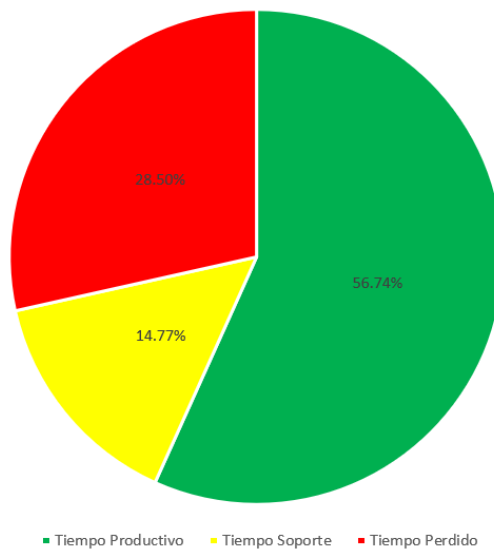
**Figura 61.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Picando Acera	Moviendo Cono	Observando
Removiendo Escombros	Dando Ordenes	
Removiendo Acera Existente Backhoe	Moviendo Backhoe	
Moviendo Escombros	Recibiendo Ordenes	
Barriendo		

**Figura 62.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 63.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 64.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

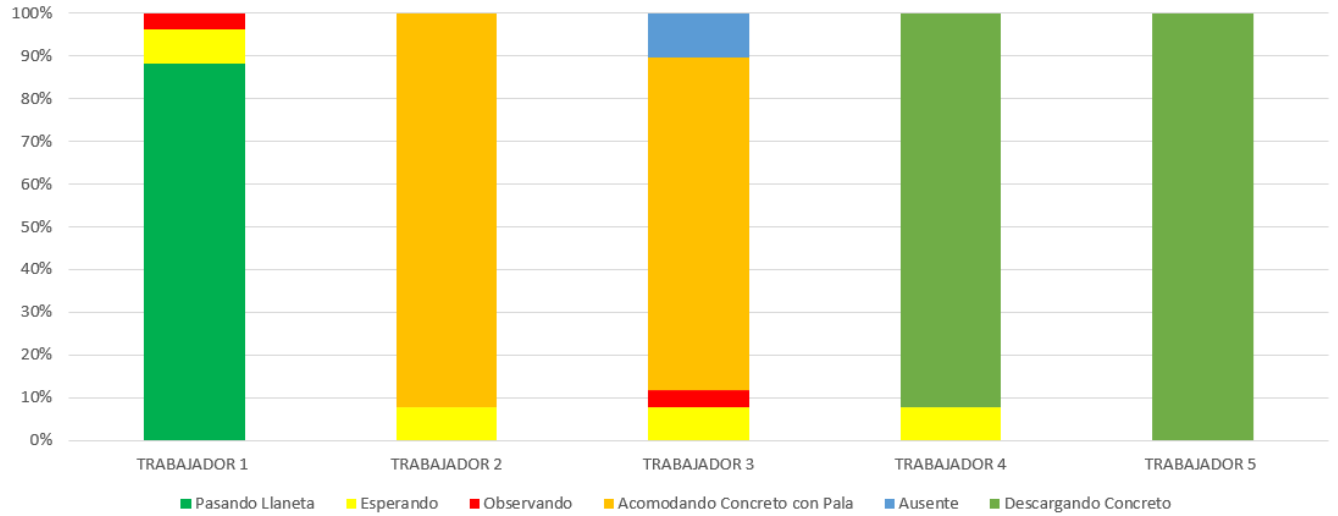
## Muestreo #16

**Cuadro 21.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #16.

<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>MIÉRCOLES 11 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	1015
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



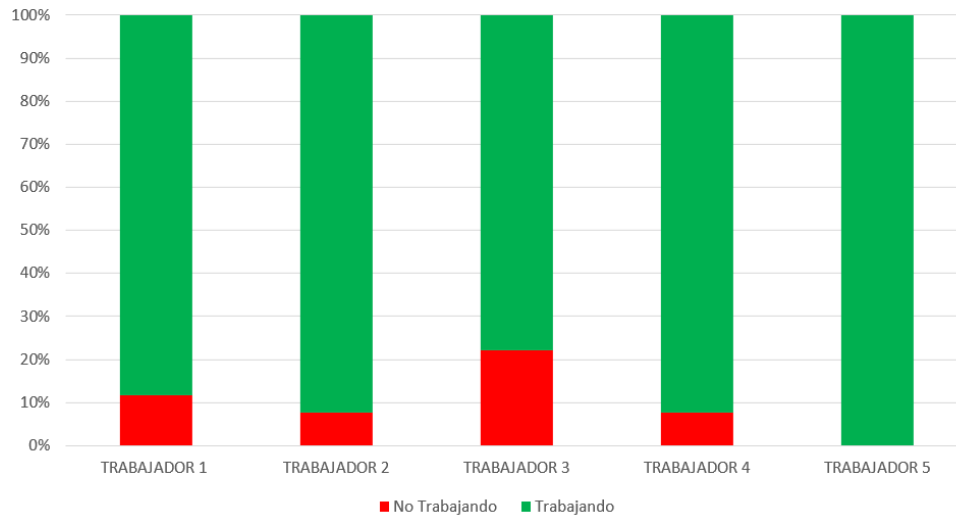
### Crew Balance Cordón de Caño Miércoles Chorrea



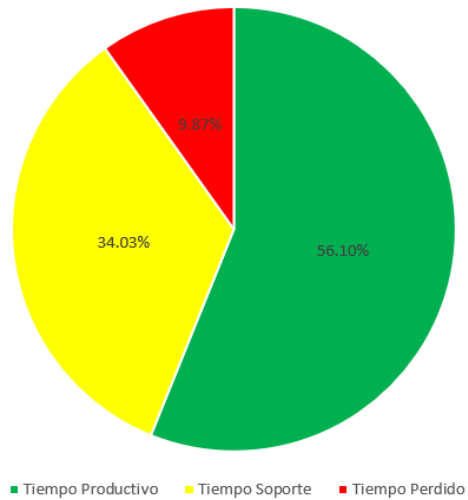
**Figura 65.** Crew Balance Colado, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Pasando Llaneta	Acomodando Concreto con Pala	Esperando
Descargando Concreto		Observando
		Ausente

**Figura 66.** Clasificación de tareas Colado, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 67.** Five Minute Rating Colado, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

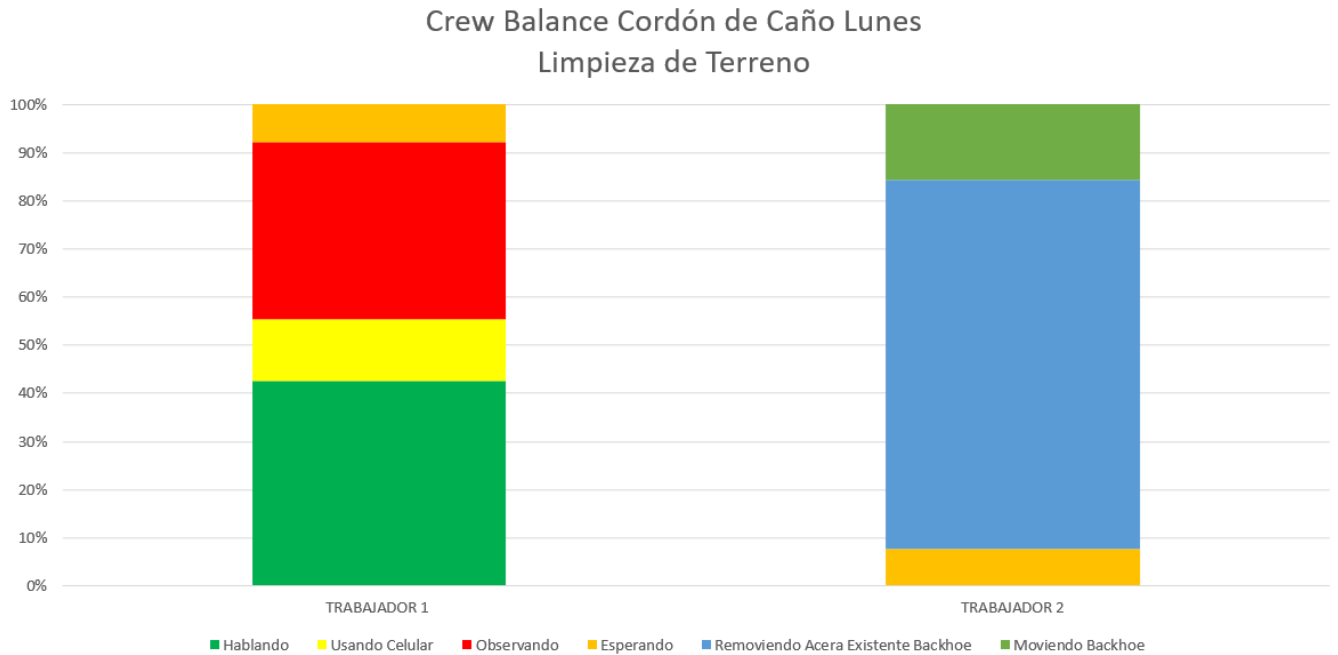


**Figura 68.** Work Sampling Colado, Caño-Miércoles.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #17

**Cuadro 22.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #17.

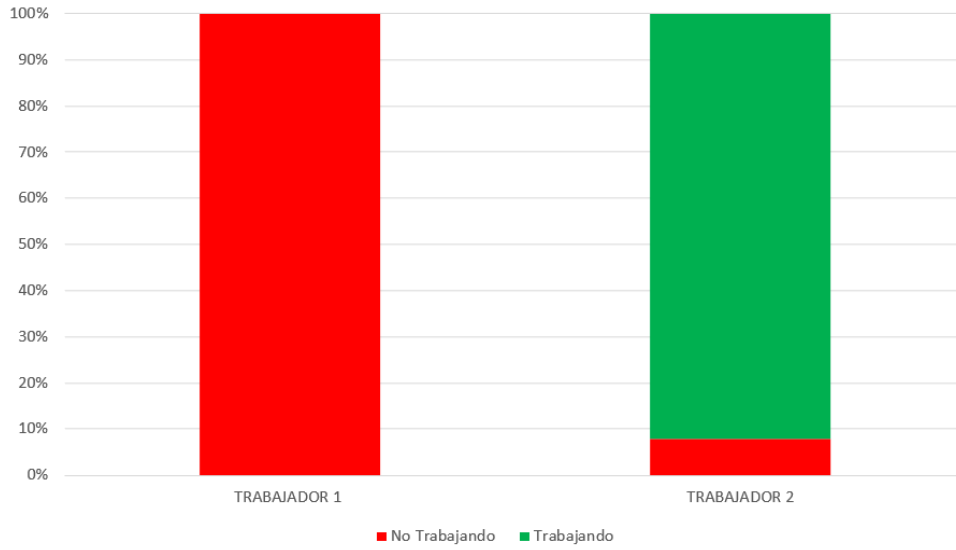
<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>VIERNES 21 DE FEBRERO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	1400
<b>TEMPERATURA</b>	29°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	2
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	386
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



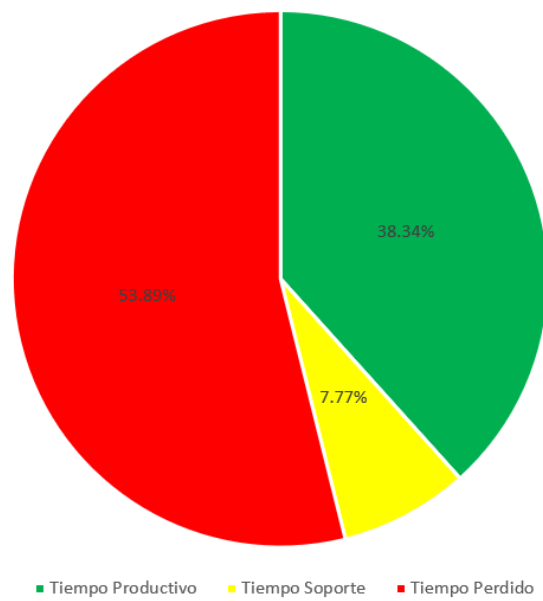
**Figura 69.** Crew Balance Limpieza de Terreno, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Removiendo Acera Existente Backhoe	Moviendo Backhoe	Hablando
		Usando Celular
		Observando
		Esperando

**Figura 70.** Clasificación de tareas Limpieza de Terreno, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 71.** Five Minute Rating Limpieza de Terreno, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

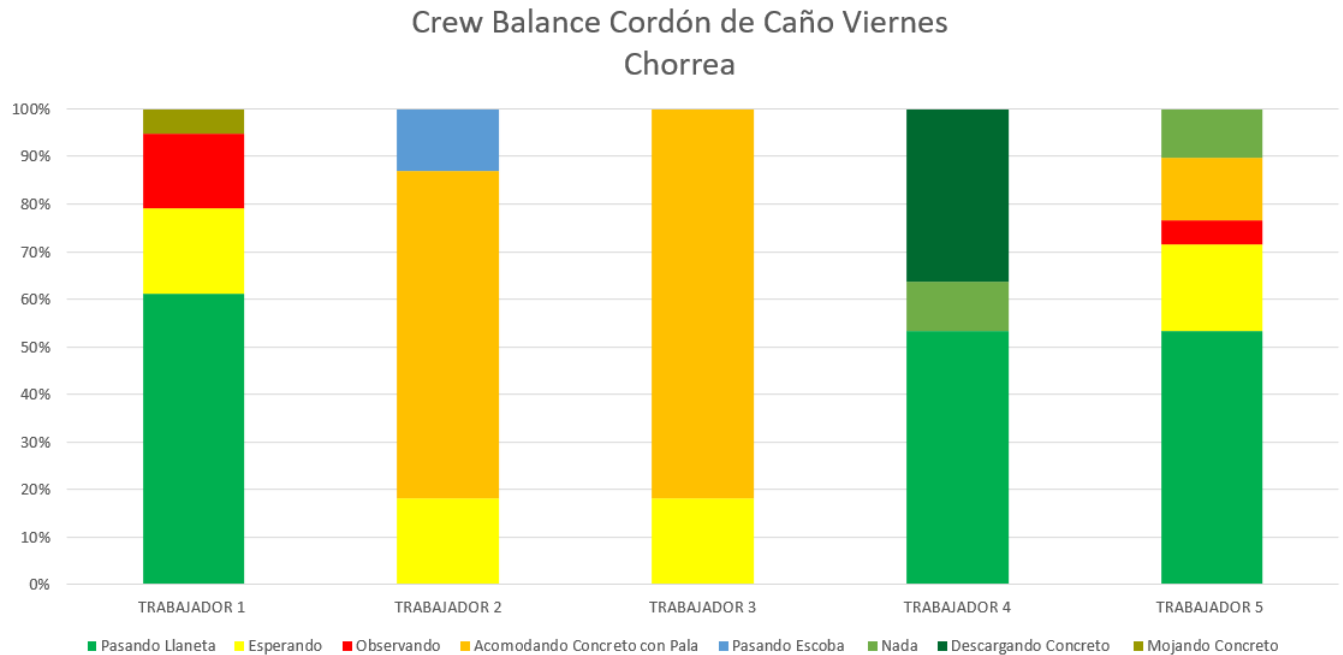


**Figura 72.** Work Sampling Limpieza de Terreno, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

## Muestreo #18

**Cuadro 23.** Información y condiciones meteorológicas, Muestreo #18.

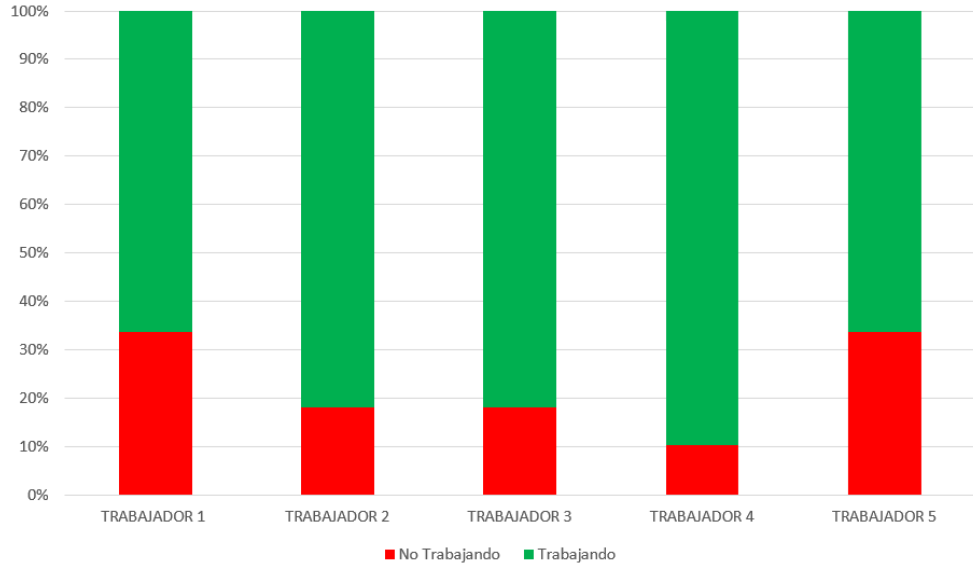
<b>CAÑO/INFO.</b>	<b>VIERNES 13 DE MARZO</b>
<b>UBICACIÓN</b>	Heredia-Heredia- Mercedes-Mercedes Norte
<b>HORA</b>	1015
<b>TEMPERATURA</b>	32°C
<b>LLUVIA</b>	No
<b>SOL</b>	Despejado
<b>CANTIDAD DE TRABAJADORES</b>	5
<b>CANTIDAD DE OBSERVACIONES</b>	385
<b>FRECUENCIA DE OBSERVACIONES</b>	5 s
<b>TOPOGRAFÍA</b>	Regular/Plana



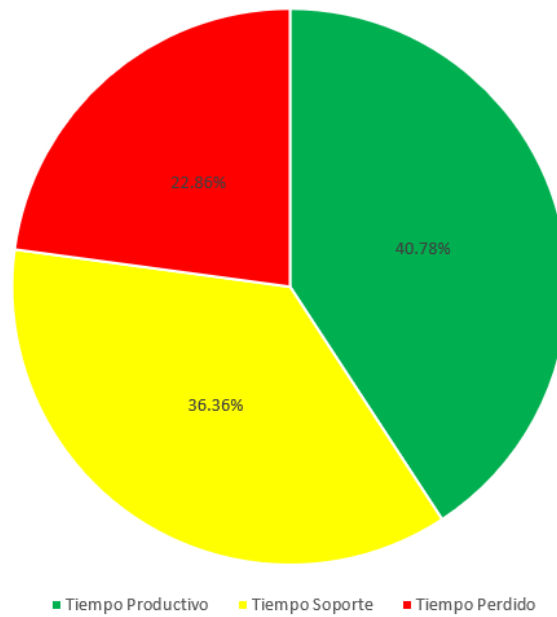
**Figura 73.** Crew Balance Colado, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo Productivo	Tiempo Soporte	Tiempo Perdido
Pasando Llaneta	Acomodando Concreto con Pala	Esperando
Descargando Concreto	Pasando Escoba	Observando
	Mojando Concreto	Nada

**Figura 74.** Clasificación de tareas Colado, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 75.** Five Minute Rating Colado, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 76.** Work Sampling Colado, Caño-Viernes.  
Fuente: Elaboración Propia.



**Cuadro 24.** Entrevistas Informales y Observaciones.

Situación\Comentario (Entrevista Informal)	Factor que afecta la Productividad
Muestreo 1: Trabajador 1 no expresa sentimientos y es reservado con sus compañeros. Trabajador 3 pierde mucho tiempo contando chistes.	<i>Personalidad del Trabajador:</i> El trabajador 1 es introvertido y posee buen avance productivo. Trabajador 3 al ser extrovertido se pone a contar chistes y esto aporta al tiempo perdido de la medición.
Muestreo 2: Se pierde mucho tiempo por tener que ir a buscar el material. Trabajador expresó: "Mae, tengo que ir a traerle el alambre a este huevón para que no se me enoje. Ahí donde lo ve, yo lo chineo porque trabaja lindo" Haciendo referencia a un trabajador que es introvertido.	<i>Mala Planificación y Personalidad del Trabajador.</i>
Muestreo 3: En el proceso de colado el trabajador 5 pasa mucho tiempo esperando que termine el proceso de colocación del concreto para poder continuar pasando la llaneta. Expresó: "Dígale al negro que le ponga bonito para ver si terminamos pa mañana"	<i>Ausencia de Supervisión.</i>
Muestreo 6: El trabajador 2 dijo: "Tengo que estarle echado un ojito a mi chiquito porque sino se jala una torta, solo yo le presto cuidado, ni la doña lo vigila como yo"	<i>Mala Supervisión y delegación de responsabilidades.</i>
Muestreo 7: Se denota un incremento en la productividad ya que el ingeniero está presente en la tarea desarrollada. Se posee una mejor noción del flujo de trabajo por parte de toda la cuadrilla.	No hubo afectación. Por el contrario, se observa un mejor avance al estar presente una figura de liderazgo (Ingeniero).
Muestreo 8: El trabajador 2 se retiró del lugar de trabajo sin aviso alguno a sus compañeros. Volvió después de mucho tiempo transcurrido.	<i>Ausencia de valores éticos.</i>
Muestreo 9: Trabajador mira fijamente otras actividades y se puede ver una energía baja. Cuando se habla con él, menciona: "No ve que le compré una cleta a un mae en unos rojos majé, a mis chamacos les cuadra entonces tiene como 4. Pero yo les he enseñado que las cosas cuestan, que su tata es un mae arrecho. La doña se enoja porque le doy plata a los otros, es que tengo dos con mi primer doña que tuve en Nicaragua..."	<i>Falta de motivación y estado anímico bajo debido a situación personal de trabajador.</i>
Muestreo 13: Peón habló mucho tiempo mientras el operario realizaba la extracción de la estructura existente y entre lo mencionado se destaca: "Machillo, yo tengo más de 20 años de estar trabajando en esta vaina, es nada más de hacerle, ya todo está inventado. Uno se la tira como un gatillo"	<i>Personalidad del Trabajador:</i> Es una persona que pierde mucho tiempo hablando.
Muestreo 14: Expresa trabajador: "Es que ha estado fuerte la calor hoy (mientras tomaba agua). Estos está como que se quiere venir un fuerte temblor, ya le dije a este brother, que se cuide y más con la flaco que está. Vení, hidratate que si viene gordo malo te deja sin nada"	<i>Actividad realiza un desgaste al estado físico del trabajador.</i>
Muestreo 17: "Esta semana estuvo dura mae, que va, nosotros no ve que rápido vamos. Y estos maes tiene que seguir dándole hasta acá (Haciendo referencia a la longitud de estructura existente removida y lista para construir)." Aprovechando este comentario, se realiza un comentario para esperar que él exprese su opinión respecto a trabajar un viernes, se le pregunta: "¿Hoy qué?¿Se la tira al suave?" A lo que él responde: "Ah mae ahí vamos dándole, es que tampoco podemos darle muy rápido porque nos quedamos sin que hacer entonces mejor tener 'chambita' pa toda la semana"	<i>Ausencia de valores éticos y honestidad por parte del trabajador. También se podría atribuir a una mala planificación por parte del ingeniero.</i>

# Análisis de los resultados

Su objetivo es evaluar los resultados a la luz de los objetivos propuestos. En este capítulo se debe examinar, interpretar y discutir, sin perder de vista los objetivos del trabajo, los resultados del proyecto o investigación, establecer causas y efectos, límites y defectos de los resultados obtenidos, posibles problemas derivados de interpretaciones inadecuadas.

Debe hacerse referencia a otras publicaciones, contenidas en la literatura citada, donde se refute o apoye los resultados obtenidos. Debe hacerse referencia a las citas de igual manera que en la introducción y debe quedar muy claro lo que es aporte del autor y lo que se cita de otros informes.

No se debe confundir esta discusión o análisis con una simple obtención de conclusiones, pues estas son producto no solo de los resultados sino de su análisis, de los objetivos del trabajo y de la comparación de los resultados con el marco teórico.

## Construcción de Aceras

### Diagramas de Flujo para Construcción de Aceras

Como se puede observar en la figura 1, se presenta un diagrama de flujo teórico donde se muestra la ruta por seguir para una correcta construcción de acera. Ésta contiene ciertos puntos de decisión donde se dan controles de calidad, los cuales aseguran una correcta elaboración de la obra.

Comparando el diagrama de la figura 1 con el de la figura 2, se puede denotar diferencias en el proceso. La figura 2 da una idea clara de lo que se hace en sitio y se logra detectar dónde se puede estar generando un problema. En esta comparación de diagramas, se observa haber varios puntos sin tomar en cuenta, como son: la nivelación y longitud según planos y su verificación del correcto cumplimiento de las especificaciones y nivelación correcta. En estos pasos se puede ir generando problemas de calidad o diferencias en cuanto a lo estipulado en planos. Debido a eso se genera un alto costo para la construcción si es necesario realizar un retrabajo, el cual pudo haberse evitado desde un inicio al continuar el debido proceso. Con una entidad de liderazgo en el lugar de trabajo, se puede coordinar las actividades por realizar con el mejor recurso asignado. Este posee las capacidades para conocer su personal con detalle y saber qué habilidades tiene cada miembro y así obtener los mejores posibles resultados.

Al continuar la comparación entre los diagramas, se observa tampoco se da la revisión del estado de la formaleta. Esto conlleva a una interrupción en el proceso si se llega a encontrar alguna en mal estado o en medio proceso de colado de concreto hidráulico, por lo tanto, no cumple su función, falla y genera un atraso en todo el avance al deber accionar de manera improvisada por un error que se pudo haber previsto y solucionado antes de suceder. Tampoco se da la colocación de un material de relleno y de manera obvia, también se omite su compactación. En sitio se da el colado sobre la capa de suelo donde se extrajo la estructura existente. Después de estas diferencias, todo lo demás continúa igual en ambos casos. Desde este primer paso,

viendo las actividades por su secuencia, se logra determinar cuáles factores fallan desde un inicio y sin haber analizado el rendimiento y productividad de las cuadrillas. Una buena planificación y administración en la construcción, genera un gran ahorro y facilita la realización de tareas, pues se prevé cualquier inconveniente que pueda afectar su avance.

## Rendimientos para Construcción de Aceras

Según se puede apreciar en los cuadros: 1, 2 y 3, se muestra todos los rendimientos para una misma actividad con los diferentes días. Se realiza de esta manera con el fin de facilitar la apreciación del aumento o disminución dependiendo del día, una vez se tienen estos valores cuantitativos, se puede pasar uno por uno, de una manera más específica, y ver qué pudo haber afectado este rendimiento desde un foco más cualitativo con los resultados de cada muestreo.

En el cuadro 1 se tiene los resultados de rendimientos para la limpieza del terreno de la construcción de acera. Son cuatro mediciones, se repite el día miércoles con tal de poder obtener 4 mediciones por actividad, eventualmente en las siguientes actividades (Preparación de Terreno y Colado) se va a repetir; pero para los días lunes y viernes. Al observar los valores de rendimientos obtenidos en el cuadro previamente mencionado, se logra apreciar: la cantidad de trabajadores es 5 para todos los días, su duración es relativamente muy parecida y varía por un par de minutos cada una, sin embargo se buscó la misma medición en un rango de 20 minutos aproximadamente. Si se analizan los valores, se podría decir que el menor rendimiento se tiene el día lunes con un valor de  $0.691 \text{ m}^3/\text{h}$ . El valor máximo lo tiene la primera medición del día miércoles con un rendimiento de  $0.927 \text{ m}^3/\text{h}$  y después continúa la segunda medición del miércoles con un valor de  $0.800 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Al analizar estos valores, se podría decir: el rendimiento es creciente conforme avanza la semana, si no fuese por el valor de  $0.736 \text{ m}^3/\text{h}$  del día viernes, pues no permite generar un patrón. Mantener esta hipótesis inicial ayuda a tener mejores criterios para las próximas mediciones, el rendimiento mejora conforme avanza la semana y se acerca al fin de semana. Se continúa los cálculos con el fin de obtener el promedio del rendimiento para esta actividad y así pueda ser utilizado para futuros proyectos y su estimación de duración por etapa. El valor del rendimiento promedio para la limpieza de terreno es de  $0.789 \text{ m}^3/\text{h}$  por cuadrilla de 5 integrantes y se obtiene un valor promedio por trabajador de  $0.158 \text{ m}^3/\text{h}$ . Se considera importante el rendimiento por trabajador, al ser el mejor valor por utilizar, pues en algunas ocasiones el número de trabajadores puede variar.

Para la actividad de preparación de terreno, la cual se aprecia en el cuadro 2, se repite la medición el día viernes y así se analiza 4 mediciones. Aquí se observa como se vuelve a dar el comportamiento del cuadro previamente analizado, donde se da un incremento del rendimiento del día lunes al miércoles pero hay un decrecimiento el día viernes. No obstante, el valor del lunes es de  $4.000 \text{ m}^2/\text{h}$  y el del viernes es de  $4.423 \text{ m}^2/\text{h}$ . Se puede observar: se cumple un dato curioso, el lunes es el día con el peor rendimiento. Su valor promedio por cuadrilla de 5 integrantes es de  $0.780 \text{ m}^2/\text{h}$  y por trabajador es de  $0.156 \text{ m}^2/\text{h}$ .

Continuando con el cuadro 3, se repite la medición el día lunes, se muestra algo bastante curioso, el patrón propio de las actividades anteriores, se pierde. Sin embargo, gracias a repetir la medición en el lunes, se logra observar otra hipótesis y es que conforme se avanza en la actividad,

se da una disminución en el rendimiento. En la primera medición se tiene un rendimiento de 0.756 m<sup>3</sup>/h y para la segunda medición, que fue realizada un par de minutos después, se obtiene un valor de 0.626 m<sup>3</sup>/h. Cabe mencionar que cuando se realizaban las mediciones y se empezaba a descargar el material, la cuadrilla venía de un periodo largo de descanso entonces posee bastante energía. Estos periodos se deben a una mala planificación del ingeniero, donde se pedía la mezcladora con concreto hidráulico para las 10 de la mañana (algunas veces llegaba más tarde y se perdía mucho tiempo en adecuar el sitio para iniciar la descarga) y tal vez la cuadrilla había terminado de preparar el terreno, mucho tiempo atrás. Debido a esto, era normal verlos un poco más relajados a la hora de limpiar y preparar el terreno. Factores los cuales generan una alteración en el rendimiento.

## Muestreo #1

En este primer muestreo se nota en el cuadro 4 tener una temperatura en el lugar de 29°C, lo cual es bastante normal para esa época del año en Lagunilla de Heredia. El muestreo se toma para la cuadrilla integrada por 5 trabajadores y se acepta una frecuencia de observaciones de cada 5 segundos. Para éste y los demás muestreos, se mantiene esta frecuencia, pues se considera indispensable mediciones tan cortas, porque la cuadrilla es muy productiva si se realiza el análisis con rangos de tiempos mayores.

Primeramente, se observa en la figura 3 el Crew Balance de cada integrante de la cuadrilla. Los trabajadores 1, 2 y 5 muestran bastante porcentaje con poca variación en actividades productivas. Por el contrario, el trabajador 3 pierde mucho tiempo con actividades no productivas como "Caminando", "Hablando", "Descansando". Aquellas actividades de soporte se toman en cuenta como tiempo productivo para futuras referencias. Continuando con la figura 4, se observa: en esta actividad se dieron una gran cantidad de actividades de soporte necesarias para continuar el avance de la obra pero; no obligatoriamente significan un porcentaje de avance para ella. Las tareas clasificadas como tiempo perdido son tareas fáciles de atacar con una debida observación y seguimiento de una figura de liderazgo. Se puede conectar las actividades del Crew Balance y la clasificación de tareas con el resultado de el Five Minute Rating en la figura 5. El trabajador más productivo fue el #1 con un 100 % de tiempo "Trabajando" y sus tareas fueron "Limpiando Formaleta" y "Moviendo Formaleta". Cabe destacar, dicho trabajador posee una actitud más introvertida respecto de los demás y es una persona muy reservada, conversa poco y una vez se le asigna una labor, la realiza hasta estar terminada por completo. En cambio, el trabajador #3 fue el menos productivo, aún así tiene valores altos de productividad, más de un 60 %, y posee características de una persona más extrovertida, le gusta hablar o hacer comentarios jocosos para producir un ambiente agradable, ese fue su comentario ante la duda del porqué de sus "chistes", factor visto evidenciado en el cuadro 24. Para los trabajadores 2, 4 y 5, se mantiene un valor muy parecido de productividad.

Una idea de la productividad de la cuadrilla como tal, se puede observar en la figura 6 con el Work Sampling, dan valores de un 43.12 % para Tiempo Productivo, un 37.14 % para Tiempo de Soporte y un 19.74 % para Tiempo Perdido. Si se toma en consideración los valores mínimos según menciona Serpell (2002), se debería obtener un valor de 60 % para trabajo productivo, 25 % trabajo contributivo y 15 % al trabajo improductivo. No se está llegando a dichos valores,

no obstante, se está cerca. De los factores que afectan la productividad de una construcción, según Botero (2007), se observa como en este caso se afecta principalmente por "Supervisión", en primera instancia al no contar con una organización en sitio y "Trabajador", pues a pesar de estar capacitado, se dejan de lado los atributos como su salud emocional y mental.

## Muestreo #2

Para la presente medición, se logra apreciar tener una temperatura mayor de 32°C a las 9:30 am, tal y como muestra el cuadro 5. Es un tema por considerar a la hora de analizar los siguientes resultados de productividad para la presente tarea. Se mantiene la frecuencia de las observaciones de cada 5 segundos como se menciona en el muestreo #1, así se asegura tomar todos esos momentos donde se ve afectada la productividad de la cuadrilla. Pues hay algunas veces en las cuales se daba una interrupción pero ésta era de 5 o 10 segundos. Entonces, al realizar las mediciones en periodos de tiempo tan cortos, se logra documentar todas estas afectaciones. De igual manera, cabe mencionar: la topografía del lugar para todas las mediciones es regular y no presenta problema mayor o afectación sobre este tema. Todas las mediciones se realizan en igual lugar, Lagunilla de Heredia.

Al ver el cuadro 7, se aprecia que en este caso los trabajadores mantienen una variación entre actividades mayor y se nota que las tareas con mayores porcentajes son "Limpiado Formaleta" y "Formaleteo", esto resulta positivo al ser actividades pertenecientes al tiempo de soporte y productivo, respectivamente, tal y como se aprecia en el cuadro 8. Sigue habiendo un excedente de tareas de soporte para esta actividad de Preparación de Terreno, la cual resulta fácil de solucionar. Tareas como "Limpiando Formaleta" y "Buscando Material", no deberían afectar la productividad de la obra pues con una buena planificación, se evita el tiempo invertido en estar buscando material, mientras se pudo haber tenido a la mano o las formaletas limpias para aumentar el tiempo productivo como sería el "Formaleteo". La figura 9 muestra lo previamente mencionado en el Crew Balance y fue: se mantuvo una variación mayor y bastante parecida entre ellas, se aprecia que los trabajadores con mayor productividad fueron el 3 y 5. Curiosamente, estos también fueron los más introvertidos y se notó trabajaban muy parecido, hasta que al trabajador 5 le tocó ir a buscar material, Cuadro 24, y ahí hubo una pequeña diferencia, pero fuera de eso, resultaron muy productivos al trabajar juntos. Un factor por considerar para futura asignación de tareas y también para poner en estudio si ellos son productivos cuando están juntos, o son productivos por sí solos. Si es el segundo caso, serviría unirlos con un trabajador menos productivo y así ayudarlo a aumentar el nivel.

Por último, se tiene la figura 10 donde se dan los valores de Work Sampling de 51.69 % para Tiempo Productivo, un 36.88 % para Tiempo de Soporte y un 11.43 % para Tiempo Perdido. Se puede corroborar el comentario de la afectación de no tener una buena planificación y haber utilizado tiempo de soporte en tiempo productivo, pues el valor de tiempo perdido está por debajo del 15 %. Al hacer el cambio de esos tiempos de soporte por productivo, se lograría alcanzar ese porcentaje tan bajo el cual hace falta para tener los valores óptimos de 60 % Productivo y 25 % Soporte.

### Muestreo #3

Para la actividad de Colado de concreto hidráulico, se presenta las condiciones observadas en el cuadro 6 donde se observa que la temperatura es de 32°C, igual que el muestreo pasado, pero con la diferencia de horario, en este presente muestreo es a las 10:30 am. Esto genera una mayor sensación térmica al estar más cerca de la radiación perpendicular del sol. Se puede ver que el trabajador 2 y 3 son 100 % productivos al realizar la misma tarea "Colocando Concreto", como se observa en el cuadro 11. Por otro lado el trabajador 5, pasa mucho tiempo "Esperando" y esto se debe a su aporte al avance de la obra cuando pasa la llaneta y debe esperar mientras los demás trabajadores terminen con el proceso de colocación de concreto, expresado en el cuadro 24. Se debería de asignar una labor a este trabajador mientras espera que se concrete el colado. La figura 12 da la idea de una disminución en el tiempo de soporte; pero se logra un gran aumento en el tiempo perdido, entonces se disminuye la productividad de la cuadrilla y se ve reflejado en la figura 13, donde se aprecia que el trabajador 5 es quien afecta de manera considerable el avance óptimo de la obra. A pesar de tener un resultado tan negativo por parte del trabajador 5, se puede apreciar en la figura 14 que gracias a la alta productividad de los trabajadores 2 y 3, se alcanzan valores óptimos de tiempo productivo con un 61.56 %. No obstante, el tiempo perdido sobrepasa el 15 % recomendado y llega al valor de 28.57 %.

Entre los factores que afectaron esta medición es evidente que presenta una mayor afectación el de la "Supervisión". Otro claro ejemplo: hace falta una figura quien coordine el correcto avance de la obra, cumpliendo con las especificaciones de planos. Si se logra erradicar el tiempo perdido y se implementa las tareas productivas, en este caso, se tendría un valor de tiempo productivo muy alto con valores de tiempo de soporte y perdido por debajo de 15 %. El clima no produce mayor afectación en este muestreo, por eso se incentiva a una segunda medición ayude a identificar los factores capaces de seguir afectando este tipo de actividades a tan altas horas de la mañana.

### Muestreo #4

Para continuar con la medición de la actividad de Colado de concreto hidráulico, se toma la cuarta medición, 20 minutos después del Muestreo #3. El cuadro 7 muestra que la hora de la medición es a las 10:50 am con igual temperatura de 32°C. Las figuras 15 y 16 muestran como en esta ocasión hay un aumento en las tareas que aportan tiempo de soporte. Se da una diversificación de diferentes tareas para la misma tarea lo cual incentiva a la pérdida de tiempo pues se debe rotar de una tarea a otra. Se evidencia como afecta la personalidad de cada trabajador, en la figura 15 se puede ver como los trabajadores 2, 3 y 4 tienen un avance igual con una única diferencia, el trabajador 4 pierde tiempo al estar "Hablando". Esto pues los trabajadores 2 y 3 poseen cualidades más introvertidas y no hablan con nadie cuando trabajan, a pesar de ser compañeros desde hace bastante tiempo. Por otro lado, el trabajador 4 es mucho más extrovertido y se pone a hablar mucho con el trabajador 1 y 5.

En la figura 17 se ve la diferencia mencionada entre el trabajador 4 y los trabajadores 2 y 3, esto representa un aumento de más de un 10 % en el porcentaje de tiempo "No Trabajando". Por otro lado, el trabajador 5, el menos productivo, pierde mucho de su tiempo al deber caminar hacia diferentes lugares para cambiar de una tarea a otra. El trabajador 6 presenta un 100 %

de productividad debido a ser el operario encargado de mover el Backhoe. Se integra a esta actividad pues la acera se encuentra en un lugar angosto donde no cabe la chompipa y se debe cargar la pala del backhoe e ir moviéndola para la descarga del concreto por toda la acera a colar. Si no fuese por esa tarea del trabajador 6, el Work Sampling de la figura 18 tendría un peor resultado. Ya se puede observar que esta medición contiene valores peores que los representados en el muestreo 3 donde se ve valores muy cercanos a los óptimos y se esperaba en esta medición mejoraran pero al parecer, conforme avanza la obra, su productividad disminuye. Valores de un 48.31 % para Tiempo Productivo, un 26.23 % para Tiempo de Soporte y un 26.75 % para Tiempo Perdido.

La afectación del clima puede tomar peso en este muestreo, pues la temperatura es considerable y conforme se acerca la hora a medio día donde los rayos del sol entran a la atmósfera de manera perpendicular, se calienta más el ambiente de trabajo. Toma peso un nuevo factor: el de "Actividad", por cuanto se presenta mucha relación de actividades predecesoras y esto se evidencia cuando hubo momentos de "Esperando" por consecuencia al "Cargando Concreto". Este tiempo es inevitable y pesa de una manera importante para aumentar el porcentaje de tiempo perdido y de soporte. No obstante, tiempo perdido de manera no comprensible y producto de una ausencia de supervisión en sitio, no debería de estar presente en este tipo de actividades y son muy fáciles de corregir con la implementación del liderazgo.

## Muestreo #5

Se inicia con el cuadro 8 donde se aprecia a pesar de ser temprano en la mañana, 7:10 am, se cuenta con una temperatura bastante alta 30°C. Las cuatro mediciones anteriores fueron realizadas para el día lunes, a partir de esta medición se empieza a analizar el día miércoles con tal de poder obtener cuatro mediciones por día y sean representativas. Para así poder analizar todos los diferentes componentes y factores que afectaron la productividad en estudio día por día y ver si se ve alterado por ser un día específico de la semana.

Cómo se puede observar en la figura 19 todos los trabajadores mantienen siempre una mínima cantidad de tareas asignadas, las cuales no rotan lo suficiente pues el mayor porcentaje de actividad realizada es de una sola tarea. No obstante, se puede observar como el trabajador 4 mantiene una variación muy alta entre tareas y se analiza si esta variación genera una afectación en cuanto a la productividad de la cuadrilla o, todas sus labores eran necesarias para poder obtener el avance óptimo de la obra. En la figura 20 se corrobora si se dio un excedente de tareas para el tiempo de soporte pero, también se presentan nuevas actividades para el tiempo productivo y se aprecia cómo se genera el intercambio en muchas tareas a la vez.

Gracias a la figura 21 se logra afirmar: la mayoría las tareas fueron de soporte y productivas. Todos los trabajadores tienen un alto porcentaje de productividad y un bajo porcentaje de tiempo "No Trabajado". Quienes presentan el mayor valor de ineficiencia son los trabajadores 1 y 3, los cuales tienen actitudes extrovertidas a diferencia los trabajadores 2 y 4 los cuales son más introvertidos y el trabajador 5 obtiene un 100 % de productividad porque es el operario a cargo de mover el backhoe y en todo momento se encuentra trabajando. La figura 22 termina de comprobar ese resultado al mostrar un 83.38 % de Tiempo Productivo, 9.35 % de Tiempo de Soporte y 7.27 % de Tiempo Perdido. Estos valores sobrepasan la propuesta de un trabajo

óptimo, por un porcentaje muy alto de productividad y muy bajo en lo demás.

## Muestreo #6

Tal y como se muestra en el cuadro 9 se repite la actividad de Limpieza de Terreno 40 minutos después a la igual temperatura de 30°C, inician la actividad a las 7:50 am. Se tiene en mente lo sucedido la última vez cuando se analizó la actividad dos veces y conforme avanza el tiempo se disminuye su productividad.

En la figura 23 se ve como se sigue manteniendo el patrón de varias tareas para la misma actividad. Una vez se observa la duración total de la tarea y cuál es en específico, se puede determinar claros ejemplos, como es el trabajador 2, quien pasa mucho tiempo "Observando". La figura 24 muestra una cantidad de tareas por actividad bastante similar a la del muestreo 5. Juntando todos esos datos y esta clasificación, se puede apreciar en la figura 25 la totalidad del tiempo que se utilizó "Trabajando" y la totalidad del tiempo utilizado "No Trabajando". Trabajadores como el 1, 2 y 3, presentan altos niveles de tiempo improductivo al contemplar tareas como "Esperando", "Observando" y "Nada".

Como era de esperarse en la figura 26, se puede ver la afectación generada por estas tareas improductivas al avance óptimo de la obra. Un 61.04 % para Tiempo Productivo, 18.96 % para Tiempo Soporte Y un 20 % para Tiempo Perdido. A pesar de que se obtiene un valor correcto para el Tiempo Productivo y es mayor a un 60 % y un valor menor al 25 % para Tiempo de Soporte, se obtiene un valor muy alto para el Tiempo Perdido, excede el 15 %. Se logra comprobar la teoría que conforme avanza el tiempo, la cuadrilla es menos productiva. Factores como el "Clima" y la "Actividad", no generan impacto alguno por ser la misma actividad y bajo las iguales condiciones climatológicas. Dicho esto, se le puede atribuir todo el peso al porcentaje improductivo al factor del "Trabajador" y al factor "Supervisión", pues esto se observa en el cuadro 24 con el comentario del trabajador. Se comprueba una vez más que bajo una correcta supervisión, se puede ser más productivo y no se da ese decrecimiento en la eficiencia al pasar el tiempo.

## Muestreo #7

Primeramente en el cuadro 10 se puede ver: para la actividad preparación de terreno se cuenta con una condición climatológica de 30°C a la hora de 9:10 am. Se tiene una leve diferencia acá con la cantidad de trabajadores quienes han venido trabajando y en este caso es de 3 trabajadores. Esta alteración en la cantidad de trabajadores por actividad ayuda a darse una idea de si la cuadrilla es más productiva con más o menos personal.

En primer lugar se observa en la figura 27 que cada trabajador posee una variación de tareas bastante alta. Se puede ver que el trabajador 3 presenta una alta variación de tareas. No obstante, muchas de esas tareas contribuyen al tiempo productivo y las demás son de tiempo de soporte y muy pocas de tiempo perdido, generando así un alto porcentaje de "Tiempo Trabajado". Al observar la figura 28 se observa: muchas de las tareas representadas en la figura anterior son de tiempo productivo y tiempo de soporte, así teniendo nada más 3 tareas de tiempo perdido. Cabe destacar: una es "Hablando con el Ingeniero", tarea que ayuda a darse



cuenta que para dicha actividad hubo presencia del ingeniero o sea de una persona con liderazgo.

La figura 29 muestra una alta productividad por parte de los tres trabajadores con un muy bajo porcentaje de tiempo no trabajado, eso se termina de corroborar en la figura 30 donde puede ver un valor de 79.43 % para tiempo productivo, un 7.81 % para tiempo soporte y un 10.94 % para tiempo perdido. Gracias a estos resultados se logra afirmar que ante una presencia de liderazgo en la construcción se obtienen resultados productivos. Factores los cuales en mediciones anteriores afectaban la productividad de la actividad, se erradican con la simple presencia del ingeniero en sitio, factor positivo visto en el cuadro 24.

Se entiende por completo a la situación del ingeniero, quien no puede estar presente en la totalidad de la obra. Por eso resulta vital la inversión en capacitación de personal quien pueda estar en todo momento en la obra y posea cualidades de liderazgo para poder guiar a la cuadrilla hacia una correcta ejecución de las tareas. Los números son bastante positivos con el simple hecho de contar con la presencia de un líder que por lo menos sea nivel 2 y transmita respeto ante sus subordinados.

## Muestreo #8

Se inicia la actividad de colado de concreto hidráulico a las 10:00 am con una temperatura de 30°C, tal y como lo muestra el cuadro 11. Para dicha medición se cuenta con 5 integrantes para la cuadrilla, entre estos, un operador de backhoe. En la figura 31, se observa la diversificación de 3 a 4 tareas por trabajador, con excepción del trabajador 3, este muestra una mayor cantidad de tareas, las cuales en su mayoría son tiempo de soporte. Para la clasificación de tareas de la figura 32 se observa como se añade una nueva tarea, el tiempo perdido, denominada "Ausente". Desde el inicio de la Recolección de datos se estipuló no se iba a tomar en cuenta los trabajadores quienes no participaran directamente de una actividad, pero para este caso el trabajador 2 aporta directamente a la productividad de ella y afecta considerablemente el avance al no estar presente durante la ejecución de ésta. Dicho trabajador en medio de la filmación desaparece del sitio sin causa justificable, simplemente se aleja del lugar de trabajo y después de varios minutos se vuelve a integrar, observación clara en el cuadro 24.

En la figura 33 se puede ver como afecta de manera considerable la ausencia del trabajador 2 a la productividad. De igual manera los trabajadores 1 y 5, muestran un porcentaje de improductividad bastante alto, mayor a un 30 % y 40 %, respectivamente. Todos estos datos, se reflejan en la figura 34 con un Work Sampling, muestra valores por debajo del rango óptimo. En este caso se obtiene un 36.62 % de Tiempo Perdido, un 12.99 % de Tiempo Soporte y un 50.39 % de Tiempo Productivo. Deja así un resultado bastante negativo para la productividad de la cuadrilla en estudio. Se evidencia como el factor "Trabajador" tiene un alto peso en dicho resultado. Una gran ausencia se puede explicar con una mala actitud por parte del peón. Con una correcta capacitación y buena transmisión de prácticas éticas y profesionales, se eliminaría este tipo de situaciones. Dicho esto, se considera indispensable la inversión en educación para los peones y lograr incentivar el crecimiento personal como parte del éxito propio. Porque, si se tiene trabajadores con buena motivación y con metas claras en sus vidas, se asegura el crecimiento personal y eso se refleja en su lugar de trabajo con buenos resultados.

## Muestreo #9

Este último grupo de actividades por analizar, se realizan el día viernes para así determinar la afectación que tiene la proximidad al fin de semana, todo el esfuerzo que se generó y el desgaste asociado por haber trabajado durante toda la semana. Tal y como se muestra en el cuadro 12, la temperatura para dicho día es de 28°C y se inicia la actividad de Limpieza de Terreno a las 7:00 am. Como muestra la figura 35 hay un incremento en la cantidad de tareas ejecutadas por trabajador, un promedio de cuatro tareas para cada uno. Asociando esto con la figura 36 se ve: se clasifican muchas tareas como tiempo perdido, se añaden nuevas tareas como "Tomando agua". Resulta curioso a tan temprana hora de la mañana y con una temperatura baja se tomen tiempos de tanto descanso e ingesta de agua.

Se observa en la figura 37: la cuadrilla presenta números bastante bajos para el tiempo "Trabajando", producto de todas esas tareas realizadas en el tiempo perdido y, se puede ver como en el trabajador 5 presenta un valor de más de 60% de tiempo "No Trabajando". A pesar de ser el trabajador menos productivo los demás andan con un porcentaje de tiempo "No Trabajando" de alrededor de un 30%. Tal y como se esperaba, en la figura 38 se puede observar un porcentaje de Tiempo Perdido de un 37.14% en el Work Sampling. No obstante, si se analiza el tiempo de soporte es sólo un 5.97% y el tiempo productivo un 56.88%. Aún así la cuadrilla anda un valor de tiempo productivo bastante cercano al 60%, considerado como el óptimo. Dicho esto se puede concluir, si se logra atacar todas esas tareas las cuales están aumentando el porcentaje de improductividad de la cuadrilla, se tendrían valores excepcionalmente productivos. Una de las tareas con mayor peso fue "Nada". El tiempo que se asigna a esta tarea es tiempo donde el trabajador simplemente se queda de pie viendo otras cosas, sin moverse. Podría decirse esto está relacionado a una falta de motivación por parte de los subordinados, pues la actividad realizada es simple, las condiciones meteorológicas son óptimas y todo el personal se encuentra capacitado para realizar dichas actividades, comprobado con el comentario del trabajador en el cuadro 24.

## Muestreo #10

Para la actividad de Preparación de Terreno se muestra los valores en el cuadro 13, una temperatura 29°C a una hora de 9:10 am. Por el momento se puede decir que las condiciones son las adecuadas para realizar dicha actividad. Continuando con los resultados de la figura 39 se logra ver las tareas que van a generar valores negativos son "Hablando" y "Ausente", representan un muy poco porcentaje. En efecto como era de esperarse en la figura 40 se puede ver sólo dos tareas para Tiempo Perdido y muchas tareas para Tiempo Soporte, las cuales son necesarias para continuar con las tareas que si van a generar avance en la obra. Por ejemplo se observa "Trayendo Alambre Negro", "Trayendo Varillas", "Moviendo Material" y "Cortando Alambre Negro", todas ellas son indispensables para realizar un correcto formateo. La figura 41 afirma lo que se acaba de estipular, una correcta realización de las tareas y muy poco Tiempo Perdido. El trabajador con el mayor porcentaje de Tiempo "No Trabajando" fue el trabajador 3, el cual ni siquiera alcanza un 20%. Como era de esperarse, en la figura 42 se ve que la cuadrilla obtuvo un 72.47% del Tiempo Productivo, un 18.18% de Tiempo Soporte y un 9.35% del Tiempo Perdido, superando así los porcentajes óptimos de una obra de construcción. Éstos

valores dicen que la cuadrilla es bastante productiva cuando se tiene certeza de lo que se debe hacer y se mantiene un ritmo de trabajo correcto. Al haber obtenido estos valores tan positivos se considera necesario volver a realizar una medición más a esta actividad con tal de corroborar la productividad obtenida.

## Muestreo #11

El cuadro 14 nos muestra una segunda medición para la actividad Preparación de Terreno a tan solo 35 minutos después del muestreo #10 y iguales condiciones climatológicas. Iniciando con el análisis de la figura 43, se observa una diversificación mayor de la cantidad de tareas por trabajador. Su promedio no es tan bajo como en actividades previas, pero aún así se puede ver que muchas nuevas tareas son Tiempo de Soporte.

En efecto, se termina de confirmar al observar en la figura 44 y ver la amplia lista de tareas en la columna del Tiempo Soporte y una misma cantidad de tareas tanto para el Tiempo Productivo como el Tiempo Perdido. La figura 45 muestra que los trabajadores 1 y 3, a pesar de tener muchas tareas asignadas todas estas son de índole productivo. Por otro lado los trabajadores 2, 4 y 5, presentan porcentajes mayores al 10 %, pero menores al 20 % de tiempo "No Trabajando". No obstante, viendo ese porcentaje y asociándolo con la figura 43, es tiempo que se puede erradicar con una buena distribución en sitio, teniendo un mejor acomodo de todo lo necesario para la realización de la actividad. Con esto se estaría atacando el Tiempo Perdido, el cual se observa en la figura 46, es de un 8.57 %. Mientras el Tiempo Soporte es de un 27.53 %, dejando así un Tiempo Productivo de 63.90 %. Los valores de Tiempo Productivo y Tiempo Perdido están por encima y por debajo de los valores óptimos, respectivamente. Esto demuestra: el único valor que no llegó a la cifra óptima fue de soporte, el cual se puede ver afectado por la ausencia de una supervisión o una buena administración y planificación del proyecto, otro claro ejemplo de que el fallo proviene desde el ingeniero.

## Muestreo #12

Para concluir con toda una gama de observaciones a lo largo de la semana se concluye con la última actividad, Colado de concreto hidráulico, un Viernes. El cuadro 15 muestra una muy buena temperatura de 28°C a pesar de ser las 10:30 am, se deja así de lado el factor clima como fuente de afectación de la productividad. En la figura 47 se observa como cada trabajador mantuvo sólo dos tareas en la totalidad de la medición. Los trabajadores 1 y 2 son los únicos quienes presentan Tiempo Perdido. Este tiempo se relaciona con la espera mientras los trabajadores 3, 4 y 5 cargaban los carretillos con concreto hidráulico. Dicho tiempo perdido como se observa en la figura 48 resulta inevitable, pues durante el lapso en el cual se realiza la carga de concreto ellos deben esperar para poder continuar con las tareas "Descargando concreto carretillo" y "Acomodando Concreto". No existe ninguna tarea para tiempo de soporte.

La figura 49 muestra una alta productividad por parte cada trabajador con excepción de Los trabajadores 1 y 2, aún así anda alrededor de un 15 % de ineficiencia del tiempo total. Y como es de esperarse en la figura 50 se ve que eso tuvo un Tiempo Productivo de 93.77 % y un Tiempo Perdido de un 6.23 %. Valores altamente eficientes los cuales, si se debiera nombrar

un factor que afecta la productividad de la actividad, sería el de la "Actividad" pues en este caso es inevitable la discontinuidad por la dependencia de una actividad predecesora.

Volviendo a analizar las cuatro mediciones realizadas para el día Viernes, se nota como se inicia con una productividad normal y conforme avanza el día se eleva. Entonces, se concluye el día Viernes se inicia con una falta de motivación, sin embargo, poco a poco se deja atrás por un deseo de terminar las labores de dicho día y poder ir a descansar el fin de semana. Ahora bien, por parte del ingeniero o persona a cargo se debería realizar un proceso de control para corroborar todas esas actividades se realicen con la calidad esperada.

## **Construcción de Cordones de Caño**

### **Diagramas de Flujo para Construcción de Cordones de Caño**

Estos diagramas de flujo en la construcción de cordones de caño son de mucha utilidad, ayudan a terminar de concluir una hipótesis que se planteó desde el inicio de las observaciones en sitio y es: "Ausencia de figura de liderazgo". En la figura 51 se observa el diagrama que se debería de seguir para una correcta construcción de un cordón de caño. Por otro lado, en la figura 52 se muestra lo hecho en sitio.

Si se compara ambos casos, se van a encontrar las diferencias presentes en los diagramas de flujo de la construcción de acera. Cabe destacar que la cuadrilla encargada de la construcción de acera es totalmente diferente a la de los cordones de caño. Si se tiene dos cuadrillas totalmente diferentes, personal distinto y sitios alejados entre si, entonces ¿Qué es lo que está fallando? ¿Cuál es el factor común para que estas diferencias sean las mismas? La respuesta a estas preguntas viene desde la raíz en la toma de decisiones, el ingeniero a cargo del proyecto o la empresa como tal, ya que puede ser un tema cultural. De atacarse al trabajador en sitio, el problema va a persistir. Se debe enfocar la solución en la cabeza del problema, el líder es quien debería de guiar a su personal hacia un ambiente de mejora y constante crecimiento.

Al no existir esta mentalidad, se pierde el enfoque de crecimiento laboral y personal de cada miembro de esta jerarquía. Si los encargados de estos proyectos se enfocaran en incentivar ambientes los cuales motiven al trabajador a hacer las cosas cada día mejor y con deseos de superación, los números en los proyectos cada vez van a ir mejorando en vez de empeorar o estancarse. Como se puede asociar en cuanto a los niveles de liderazgo que estipula Maxwell, J. (2011), en estas situaciones se tiene un líder de nivel 1 o 2 a lo mucho. Un líder de este nivel, solo tiene su puesto por simplemente estatus en la jerarquía o los subordinados tienen cierto respeto hacia él. El problema es que para llegar a un nivel 3, es necesario obtener resultados, reproducción. No se está dando un panorama amplio de la situación al centrarse siempre en lo mismo, porque "funciona" o porque hay temor ante la evolución en vías de desarrollo.

El problema no solo se queda en el ingeniero, sino también cae sobre el maestro de obras, quien en la jerarquía es el siguiente después del encargado de la construcción. Si el ingeniero, no está presente todo el tiempo en la construcción, no logra alcanzar un nivel 3 de liderazgo, esto significa que el maestro de obras apenas llega al nivel 1. Lo anterior deja como resultado una obra la cual en su mayoría del tiempo carece de un líder en el sitio, permitiendo que los trabajadores realicen actividades sin una figura la cual los guíe y asesore para dar resultados óptimos. Es la receta perfecta para una catástrofe.

## Rendimientos para Construcción de Cordones de Caño

Al analizar el cuadro 16 donde se aprecia los rendimientos asociados con la limpieza de terreno de la construcción de cordones de caños, se observa 3 mediciones, una por día (Lunes-Miércoles-Viernes). Acá se aprecia un comportamiento decreciente, donde el lunes se tuvo el mejor rendimiento con un valor de 27.000 m/h, un valor intermedio el día miércoles con un valor de 23.702 m/h y el valor peor fue el viernes de 16.726 m/h. El valor promedio de la cuadrilla es de 22.476 m/h y por trabajador es de 11.238 m/h. No se puede botar ninguna hipótesis porque, como se observa en la cantidad de trabajadores, es menor y siempre eran los mismos dos trabajadores. El día viernes se ve muy afectado porque al hacer esa medición se encontró un cordón de caño con un hoyo que conectaba a una tubería (se desconoce su procedencia) y se se detiene el seguimiento para poder rellenar dicho hueco con material extraído. Casos como este, son factores los cuales de manera espontánea, pueden afectar la medición del rendimiento o productividad de la cuadrilla.

En el cuadro 17, se tiene un mayor número de trabajadores (5), se obtiene resultados muy similares los días lunes y viernes con valores de 1.122 m<sup>3</sup>/h y 1.067 m<sup>3</sup>/h, respectivamente. El miércoles disminuye su productividad a un 0.910 m<sup>3</sup>/h dejando así valores promedios de 1.033 m<sup>3</sup>/h por cuadrilla y 0.207 m<sup>3</sup>/h por trabajador. Estos valores por si solos, no permiten concluir nada con certeza. Pueden haber ciertos factores que con solo el análisis de muestreo con la herramientas de medición de productividad, se pueden ver. Si se piensa el número obtenido como promedio, dice básicamente que se dura una hora para colar un metro cúbico de concreto hidráulico. Eso significa: para colar una mezcladora de 8m<sup>3</sup> se duraría 8 horas en este proceso y eso no es cierto. Por ende, el valor del rendimiento por si solo, no puede dar un panorama certero de qué está sucediendo en sitio y tampoco permite concluir con alguna hipótesis de qué falla o cómo se ve afectada la construcción. Si se puede pensar que el rendimiento en el periodo de tiempo tomado, puede variar del momento. Se pudo haber tomado una medición el mismo día pero con una diferencia de un par de minutos y obtener un valor de rendimiento distinto. Al final todos estos valores sirven para ver el promedio de duración por actividad y generar una idea un poco más clara de cuál es la media por superar según rango de tiempo. En el momento de tener un rendimiento por debajo de ese promedio, se está perdiendo dinero y se debe de actuar para mejorar dicha actividad en el preciso momento.

Después de haber analizado tanto los rendimientos de la construcción de aceras como los de los cordones de caño, se puede pensar existen infinidad de circunstancia las cuales afectan el rendimiento de las cuadrillas, pero se puede centrar todo esto en una causa común, una mala figura de liderazgo. Esta persona falla al conocer su recurso más importante, los trabajadores. Ellos tienen un avance de obra, que si bien es bueno y productivo a su manera, como se ve en los análisis de los muestreos, posee fluctuaciones bastante significativas si no se hubiese hecho el análisis del fallo en el liderazgo, sería muy difícil haber obtenido la raíz a todos estos problemas.

## Muestreo #13

Todas las actividades medidas para la construcción de cordones de caño se realizan en el mismo lugar Mercedes Norte de Heredia. Se inicia con la primera medición, la cual corresponde

a la actividad Limpieza de Terreno. Cabe destacar, toda la limpieza de terreno fue realizada solamente por dos trabajadores, un peón y un operario. Tal y como muestra el cuadro 18 la medición se efectúa a las 7:20 am con una temperatura de 32°C, considerando una condición meteorológica un poco difícil, pues la temperatura es alta a tan temprana hora del día. La topografía del sitio para todos los muestreos de cordones de caño es plana y regular.

Como se puede observar en la figura 53 el trabajador 1, es el peón, presenta un alto porcentaje de tiempo en tareas correspondientes al Tiempo Perdido. Por otro lado, el trabajador 2 es bastante productivo. Esto pues cada vez que el operario está ejecutando la remoción de acera existente con el backhoe, el peón ayudante se queda observando dicha labor y rara vez ejecuta tareas productivas simultáneamente. Se puede observar en la figura 54 que son muy pocas la cantidad de tareas realizadas en toda la medición, su rotación es mínima. A pesar de tener poca rotación se observa en la figura 55 que el trabajador 1 presenta un alto porcentaje de tiempo "No Trabajando" debido a la tarea de Tiempo Perdido "Observando" y también a la de "Hablando". En cambio cuando se observa el trabajador 2, se nota un porcentaje de casi el 100 % de tiempo "Trabajando". Ambos trabajadores son empáticos con cada persona quien se les acerca, pero el trabajador 1 pierde mucho tiempo hablando. Más de una vez en medio de un muestreo, se acercaba y hablaba durante tiempos muy extensos o si pasaba alguna persona, establecía conversación con ella. La figura 56 muestra el impacto negativo de esta pérdida de tiempo realizada por el peón, se obtiene un valor de un 29.27 % de Tiempo Perdido. Un valor de 7.51 % para el Tiempo Soporte y un 63. 21 % para Tiempo Productivo. Estos dos últimos valores, están dentro del rango aceptable, sin embargo pudieron ser mejores si no hubiese sido por la afectación generada por el peón, corroborado con el comentario en el cuadro 24 el cual refleja una actitud relajada.

## Muestreo #14

Tal y como se observa en el cuadro 19 la temperatura en sitio es de 29°C y la hora es 10:00 am. Se puede decir es un ambiente bastante favorable para realizar el colado de concreto hidráulico, pues este proceso es exotérmico y libera mucho calor, lo cual aumenta la temperatura en sitio. También, es una actividad la cual requiere mucho desgaste físico, por eso se realiza con una cuadrilla conformada por 5 trabajadores. Al observar la figura 65, se puede ver como cada trabajador mantiene un alto porcentaje para una sola tarea y, comparando esto con la clasificación de la figura 66, se concluye todos tienen un alto peso en la contribución de productividad de la actividad. El trabajador que más tiempo pierde es el 4 al, quedarse aproximadamente un 15 % del tiempo "Observando" lo que los demás hacen. Se clasifica esta tarea como tiempo perdido porque no le corresponde a él asesorarse de se esté realizando la correcta ejecución de las tareas, debería de ser el ingeniero quien las supervise.

La figura 59 muestra una productividad por trabajador bastante alta, siendo el trabajador 4 con el menor valor, pero aún así, obtiene un porcentaje de tiempo "Trabajando" de más de un 80 %. Estos números se registran en conjunto en la figura 60 con Porcentajes de 90. 91 % para Tiempo Productivo, 2.86 % para Tiempo Soporte y 6.23 % para Tiempo Perdido. Se puede decir que hasta el momento ha sido el mejor resultado obtenido de todos los muestreos. Se destaca que el ingeniero no estuvo en sitio y el porcentaje de tiempo perdido fue por las tareas

"Observando" y "Descansando". Si se programan pausas para que la cuadrilla tome descansos y se integra al ingeniero en sitio, se eliminaría casi por completo ese pequeño porcentaje de afectación y se lograría casi un 100% de tiempo productivo, el mismo trabajador toma una pausa y realiza el comentario respecto al tiempo atmosférico y su estado físico en el cuadro 24. Claro, se debe tener en mente que la medición fue realizada durante un tiempo aproximando de 7 minutos por trabajador, y recordar que funciona como una muestra representativa de la totalidad de la población, tal y como menciona Thomas y Napolitan (1995).

## Muestreo #15

Al seguir con el análisis durante la semana, se toma el día Miércoles para realizar la medición de la actividad limpieza de terreno a las 7:00 am, con una temperatura de 30°C y los 2 trabajadores analizados previamente para esa actividad. Se pudo haber considerado el factor del "Clima", pero como se observa en el cuadro 20, hubo presencia de nubes las cuales disminuyeron la radiación del sol.

En la figura 61 se puede ver una mayor diversificación de tareas, al observarlas con mayor detalle en la figura 62 se ve: todas son o de tiempo productivo o de soporte y sólo hay una en tiempo perdido, la cual es "Observando". Esta última se realiza sólo por el trabajador 1 quien es el peón, el cual lo hace mientras el operario está "Removiendo Acera Existente Backhoe". En comparación con el muestreo 13 se puede ver en la figura 63 un incremento en la productividad del trabajador 1 al obtener cerca de un 50% del tiempo "Trabajando". Uniendo estos valores se obtiene el Work Sampling con un 56.74% de Tiempo Productivo, un 14.77% de Tiempo Soporte y un 28.50% de Tiempo Perdido. Otra vez es evidente que el trabajador 1 está desviando los resultados obtenidos hacia un panorama improductivo. Con una correcta capacitación o inclusive algo tan simple como sentarse a hablar con dicho trabajador y reciba una correcta retroalimentación, se podría eliminar ese tiempo perdido el cual afecta la obtención de valores óptimos para la cuadrilla en estudio.

## Muestreo #16

Para el colado de concreto hidráulico tal y como se muestra en el cuadro 21 se cuenta con una temperatura de 29°C a las 10:15 am. Se inicia con condiciones favorables para los 5 trabajadores quienes van a ser observados. En la figura 65 se puede ver que cada trabajador mantiene un alto porcentaje en una sola tarea, para el trabajador 1: "Pasando Llaneta", para los trabajadores 2 y 3: "Acomodando concreto con Pala", y para los trabajadores 4 y 5: "Descargando Concreto". Éstas tareas según la clasificación obtenida en la figura 66, aportan a la productividad de la actividad al pertenecer al tiempo productivo o el soporte. También se observan tres tareas, las cuales suman porcentaje al tiempo perdido. Una vez se obtiene esta clasificación, se procede a juntar los datos y expresar la productividad que tiene cada trabajador de manera gráfica en la figura 67. Se observa todos andan por encima de un 90% de productividad menos el trabajador 3, el cual cuando se asocia el porcentaje de tiempo "No Trabajando" con lo obtenido en la figura 65, permite determinar un 10% del tiempo de la medición el trabajador estuvo "Ausente".

La figura 68 da como resultado un valor de 56.10% para Tiempo Productivo, un 34.03%

para Tiempo Soporte y un 9.87% para Tiempo Perdido. El tiempo perdido es bastante bajo pero, se tiene un alto porcentaje de tiempo soporte. Cuando se vuelve a analizar este valor con la clasificación de la figura 66 podemos ver que la tarea es "Acomodando Concreto con Pala". Esa tarea se pudo haber juntado con la tarea productiva "Descargando Concreto" pero se decide tomar por separado ambas tareas, pues una requiere un nivel técnico mayor respecto de la otra. Se observa en sitio como los trabajadores responsables de acomodar el concreto con la pala, poseen una técnica resultado de su experiencia en esta labor, logrando así mejorar el rendimiento de la actividad.

## **Muestreo #17**

Para cerrar el muestreo de toda la semana se analiza el día Viernes la actividad de Limpieza de Terreno tal y como lo muestra el cuadro 22. Ese día se cuenta con una temperatura de 29°C y se toma a las 2:00 pm. A diferencia de las mediciones anteriores, en esta actividad, se decide tomar la medición a altas horas de la tarde para corroborar si hay un impacto en su productividad.

En efecto, la figura 69 confirma haber un impacto negativo por parte del trabajador 1 al tener una gran diversificación de tareas negativas. La figura 70 muestra la clasificación y como hay un gran incremento en las tareas correspondientes al Tiempo Perdido, inclusive se añade "Usando el Celular", tarea la cual no se había visto antes. El resultado de la figura 71 resulta abrumador al observar un 100% de tiempo "No Trabajando" por parte del peón. La figura 72 termina mostrando valores sumamente preocupantes como el del Tiempo Perdido el cual es un 53.89% en comparación con el Tiempo Productivo, este es un 38.34% y el Tiempo Soporte un 7.77%. Escenarios de este tipo terminan de reafirmar que resulta indispensable la presencia de una figura liderazgo en sitio hasta tanto logre fomentar una cultura de honestidad y con principios éticos y morales. Resulta indignante saber que el resultado productivo de la cuadrilla fue realizado por solamente un integrante del equipo, mientras el otro empeora la situación y sólo trae valores negativos, lo hecho con una mano, se borra con la otra. Todo esto es comprobado con el tipo de comentarios que realiza el peón en el cuadro 24.

## **Muestreo #18**

Por último, el cuadro 23 muestra la información del día Viernes relacionada con la Colado de concreto hidráulico. Esta actividad inicia a las 10:15 am con una temperatura de 32°C y sin presencia de nubes. Eso puede significar una disminución en la productividad de la cuadrilla por contar con condiciones climatológicas desfavorables y desgastantes. Como es de esperarse en un día Viernes se puede observar en la figura 73 empiezan a aparecer ciertos porcentajes de tareas quienes no aportan a la productividad de la cuadrilla. Estas tareas se clasifican en la figura 74 y se observa sólo hay dos para tiempo productivo y el resto son de soporte o perdido, siendo más específicos tres para cada una. La figura 75 en efecto, muestra haber un incremento en el tiempo "No Trabajando" por parte de todos los trabajadores. Trabajadores que en mediciones anteriores mostraban porcentaje de casi un 100% de productividad, ahora muestran porcentajes de casi un 35% en promedio de tiempo "No Trabajando".



Para lograr comprender la afectación propia de las condiciones climatológicas y el hecho que la medición se haya realizado el día Viernes, se toma en consideración los resultados de la figura 76. Se observa un valor de 40.78 % para Tiempo Productivo, un 36.36 % para Tiempo Soporte y un 22.86 % para Tiempo Perdido. Todos los resultados apuntan hacia un escenario muy alejado del óptimo. Cuando se regresa la figura 73 para observar lo que está generando tanta improductividad, se podría pensar que es la tarea "Esperando" pero, cuando se analiza con mayor detalle, se puede ver que las tareas "Observando" y "Nada" se repiten tanto en el trabajador 5 como en el 1. Resulta inevitable el tiempo "Esperando", pues el factor "Actividad" lo afecta al ser dependiente de una tarea predecesora, pero se puede decir: las tareas "Observando" y "Nada" son productos de una falta de motivación generada por el esfuerzo y cansancio acumulado durante toda la semana. Dicho esto de otra manera, hay un descuido en la salud emocional, física y mental del trabajador. Los trabajadores deberían ser considerados el activo más importante de una construcción. Si se cuenta con personal motivado y en buen estado, así va a ser el avance de la obra y la calidad del producto final.

# Conclusiones

- Como se aprecia en los cuadros de información y condiciones meteorológicas de cada muestreo, la temperatura y la hora a la cual se toma la medición, son factores los cuales de primera entrada ayudan a saber que hubo afectación en la productividad y rendimiento por condiciones que inducen a una mayor fatiga para el trabajador.
- Por cuanto en todas las mediciones la topografía es regular y no se presentan irregularidades o altas pendientes, no se puede determinar qué tanta afectación hay por parte de este factor.
- Los diagramas de flujo demuestran hay diferencia entre lo cual se lleva a cabo en sitio con lo que se debería realizar y estos cambios generan retrabajo y conllevan a un mayor costo para la obra. Al realizar la evaluación en dos cuadrillas diferentes, se demuestra: la afectación está siendo generada por el ingeniero y su incapacidad para una correcta planificación de proyectos, como se muestra en las figuras 1 y 2.
- De los rendimientos para la construcción de aceras, se obtiene los siguientes patrones y comportamientos:
  - En la Limpieza de Terreno, se observa los valores para la dos mediciones realizadas el día miércoles,  $0.927\text{m}^3/\text{h}$  para la primera medición y 40 minutos después se obtiene  $0.800\text{m}^3/\text{h}$ , confirmando la disminución conforme transcurre el tiempo en la actividad.
  - La Preparación de Terreno repite las mediciones el día viernes y se vuelve a observar la disminución de rendimiento conforme avanza el tiempo en la actividad, una primera medición de  $4.880\text{m}^2/\text{h}$  y una segunda de  $4.423\text{m}^2/\text{h}$ , 35 minutos después.
  - El Colado de concreto hidráulico presenta igual patrón de disminución de rendimiento al transcurrir el tiempo del día lunes y se observa con un primer valor de  $0.756\text{m}^3/\text{h}$  y 25 minutos después de  $0.626\text{m}^3/\text{h}$ .
- Se obtiene de los rendimientos para la construcción de cordones de caño los siguientes patrones y comportamientos:
  - En la Limpieza de Terreno se observa el patrón de disminución de productividad al avanzar la semana, iniciando el día lunes con un valor de  $27.000\text{ m/h}$ , el miércoles con un  $23.702\text{ m/h}$  y el viernes con  $16.726\text{ m/h}$ .
  - Para el Colado de concreto hidráulico, no es tan evidente la disminución pero el día lunes es el de mejor rendimiento con un valor de  $1.122\text{m}^3/\text{h}$ , por lo cual se demuestra el día lunes presenta los mejores rendimientos.
- Se identificó mediante las observaciones y comentarios registrados en el cuadro 24 los posibles factores que están afectando la productividad de los trabajadores desde un punto

social y asociado a un tema de liderazgo. Esto analizado junto a los valores cuantitativos de las mediciones de productividad, aumentan la veracidad del hecho que estos factores generan una afectación significativa al avance óptimo de la obra.

- Una mala planificación del proyecto genera que los trabajadores pierdan el flujo de las actividades a realizar y haya mucho tiempo perdido al deber pasar de una tarea a otra y adaptarse a las condiciones demandada por cada una, tal y como lo muestra el muestreo #4.
- El muestreo #2 demuestra: ante un mal diseño de sitio, se afecta el rendimiento y la productividad de la cuadrilla por deber trasladarse de un sitio a otro en búsqueda de material o por limpiar formaletas, cuando ya debía tener este material en condiciones óptimas.
- Se observó que la ausencia de una figura de liderazgo afecta significativamente el rendimiento y productividad de la cuadrilla en todas las actividades y con su presencia se obtiene mejores resultados, lo anterior se evidencia en el muestreo #7.
- La personalidad de un individuo extrovertido genera resultados negativos cuando se pone a hablar con sus compañeros y los influencia a perder tiempo. Los introvertidos fueron quienes presentaron mejores resultados al no hablar con otros y no interrumpir su labor. Esto se observa en varios muestreos como lo son el #1, #4 y #5.
- Según se observa en las mediciones realizadas en la Limpieza de Terreno, por ejemplo el muestreo #17 para la construcción de cordones de caño, hay una ausencia de valores éticos por parte del peón y conducen a realizar actos incorrectos durante el tiempo laboral las cuales generan improductividad para la cuadrilla.
- Se elaboró una guía de construcción e inspección de obras civiles menores con base en los resultados obtenidos y su respectivo análisis para la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia.
- Dentro de los resultados obtenidos en el tema de rendimientos y productividad, hay una afectación en el tema motivacional de los trabajadores por un inadecuado liderazgo por parte de sus superiores. Por lo tanto, se busca la estandarización de los procesos y reforzar las habilidades blandas del personal operativo y su superior o superiores inmediatos.

# Recomendaciones

1. Se recomienda a la Municipalidad de Heredia realizar un registro de rendimientos y productividad para las diferentes cuadrillas y actividades, con tal de tener una base de datos donde se puede realizar mejores presupuestos, planificación, dirección y administración de futuros proyectos.
2. Es recomendable hacer la inversión en capacitaciones de liderazgo para los ingenieros, peones y todas aquellas personas involucradas en proyectos de construcción con el objetivo de establecer una estructura organizacional definida e impulsar al crecimiento personal y así agregar plusvalía a la obra.
3. Es aconsejable haya un impulso por parte de los encargados de las construcciones a la mejora continua con fundamentos éticos, los cuales aseguren haya buena fe por parte de cada integrante y así se destaque la transparencia y esto mejore la imagen de la institución.
4. Mejorar el diseño de sitio en los proyectos para mitigar el impacto generado por el traslado de los trabajadores al obtener maquinaria o materiales necesarios para las actividades y no se generen tiempos de acarreo o de traslados innecesarios.
5. Se recomienda el uso de hojas de verificación o documentos estilo "Punch List", con el propósito de llevar un mejor conocimiento a la hora de realizar la inspección y a la vez un mejor registro de los resultados obtenidos.
6. Implementar incentivos los cuales mantengan a los colaboradores motivados y generen el deseo de realizar las tareas de la mejor manera y con la mejor actitud.
7. Programar descansos donde se pueda dialogar con los compañeros de trabajo y evitar esto se dé mientras se está en periodo laboral.
8. Tener reuniones personales con cada uno de los trabajadores una vez a la semana para escucharlos y brindarles retroalimentación respecto de lo realizado durante la semana previa y a la vez prepararlos para la próxima semana y poder evacuar dudas, preocupaciones o cualquier inconveniente que pueda afectar al trabajador.

# Agradecimientos

A Dios por haberme dado tantas bendiciones durante mis años universitarios y nunca haberme dejado solo, nunca.

A mi padre Jafet Castro Herrera y mi mejor amigo Arturo Sotela Lutz por haber sido esos ángeles que me acompañaron en todo momento y me brindaron fuerzas e inspiración para lograr culminar mi proceso de formación universitaria. Sin duda alguna, agradezco a Dios por haberme permitido compartir tantos momentos al lado de ellos y su partida me ayudó a crecer en muchos ámbitos. También a la familia de Arturo por haberme dado siempre un cariño enorme y haberme aceptado como uno más de la familia Lutz (Kaku, Oma, Opa, Macho, María Jesús y demás).

A mis hermanas (Yarlin y Leyden), madre (Mara Sandoval Vargas) y primo (José Carlos Sandoval Herrera) por haber estado siempre a mi lado en los momentos más difíciles y demostrarme que cada uno de ellos son guerreros y darme esa motivación al enseñarme con el ejemplo. Por ser mi presente resiliente, agradecido día a día con tantas cosas bellas que tenemos al lado. A mi sobrino Luka Fumero Castro por brindarme alegría, amor y un aire de esperanza con sus sonrisas infinitas que espero en Dios poder compartir durante muchos años y esto sirva de motivación para él en un futuro.

A mi profesora guía Ing. Ana Grettel Leandro Hernández por toda su ayuda brindada durante tantos años. Por ser una persona excepcional quien siempre me brindó conocimientos con mucho cariño y logró obtener un lugar muy especial en mi corazón. Por su paciencia, dedicación, estima y tantas cualidades positivas que la caracterizan.

A todos mis compañeros de carrera, no podría mencionarlos porque fueron muchísimos. A todos ellos les agradezco por tantas experiencias lindas, por tantas risas, alegrías, enseñanzas y demás que me enseñaron a convertirme en un mejor profesional e incrementaron mis habilidades blandas. Sin ellos, nada de esto hubiese sido posible.

Al Ing. Rodolfo Rothe Cordero y la Municipalidad de Heredia por haberme permitido realizar la Práctica Profesional Dirigida y haberme brindado tantos conocimientos en el camino.

¡Dios los bendiga a todos!

# Referencias

- Botero, L. ((2007)). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. EAFIT Universidad. Medellín.
- Henríquez, J. ((2008)). *Estudio de rendimientos de mano de obra en la construcción de edificaciones en la ciudad de Maracaibo*. Trabajo Especial de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de Zulia.
- Leandro, A. ((2017)). *Apuntes curso Diseño de Procesos Constructivos, Escuela de Ingeniería en Construcción*. Tecnológico de Costa Rica.
- Maxwell, J. ((2011)). *The 5 Levels of Leadership*. Center Street. Hachette Book Group, Inc.
- McKinsey Global Institute ((2017)). *Reinventing Construction: A route to higher productivity*. McKinsey Company.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan) ((2009)). *Guía para la elaboración de diagramas de flujo*. San José, Costa Rica: Mideplan.
- Oglesby, C., Parker, H., Howell, G. ((1989)). *Productivity improvement in construction*. McGraw-Hill.
- Serpell, A. ((2002)). *Administración de Operaciones de Construcción*. Alfaomega Grupo Editor, S.A de C. V. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Tello, P. ((2016)). *Análisis de productividad laboral en obras de construcción en proyectos subterráneos de la División El Teniente*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Thomas, H. Randolph y Carmen L. Napolitan ((1995)). *Quantitative Effects of Construction Changes on Labor Productivity*. American Society of Civil Engineers.
- Thomas, H. Randolph Daily, Jeffrey ((1983)). *Crew Performance Measurement Via Activity Sampling*. American Society of Civil Engineers.
- Vega, L. Urías de la ((2005)). *Rendimiento en la Construcción. Edificación*. Edotorial Uni-Son.

# Apéndices

A continuación se enumeran los materiales que fueron utilizados para la culminación del presente trabajo:

1. Apéndice N°1: Hoja de Excel para el Cálculo de Rendimientos para la Construcción de Aceras y Cordones de Caño.
2. Apéndice N°2: Hoja de Excel para el Cálculo de Productividad para la Construcción de Aceras día Lunes.
3. Apéndice N°3: Hoja de Excel para el Cálculo de Productividad para la Construcción de Aceras día Miércoles.
4. Apéndice N°4: Hoja de Excel para el Cálculo de Productividad para la Construcción de Aceras día Viernes.
5. Apéndice N°5: Hoja de Excel para el Cálculo de Productividad para la Construcción de Cordones de Caño.
6. Apéndice N°6: Guía de Construcción e Inspección de las Obras Civiles Menores de la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia.
7. Apéndice N°7: Hoja de Verificación de Inspección de las Obras Civiles Menores de la Sección de Dirección de Inversión Pública de la Municipalidad de Heredia.
8. Apéndice N°8: Bitácora de Trabajo.