

Caso de aplicación de la práctica recomendada AACE RP 22R-01, medición de la productividad laboral de la mano de obra directa, aplicada en la construcción de proyectos de infraestructura.

Autores:

Alberto Johanny Garcés Rojas

Silvia Juliana Picón Calderón



Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela De Ingeniería Civil

Especialización En Gerencia De Proyectos De Construcción

Bucaramanga

2024

Caso de aplicación de la práctica recomendada AACE RP 22R-01, medición de la productividad laboral de la mano de obra directa, aplicada en la construcción de proyectos de infraestructura.

Autores:

Alberto Johanny Garcés Rojas

Silvia Juliana Picón Calderón

Presentado para optar el Título de:

Especialistas en Gerencia de Proyectos de Construcción

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial De Santander

Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela De Ingeniería Civil

Especialización En Gerencia De Proyectos De Construcción

Bucaramanga

2024

## **Dedicatoria**

Este logro es dedicado principalmente a nuestros padres y familia, quienes con su apoyo incondicional y confianza en nosotros fueron un pilar fundamental e imprescindible para poder culminar con éxito este hermoso posgrado, el cual aumentó nuestra formación académica, profesional y personal.

A Dios y a la vida por darnos el privilegio de poder estudiar y por guiarnos en cada paso de este camino. Agradecemos las bendiciones recibidas a través de las personas maravillosas que nos han acompañado en este viaje, así como la fortaleza para enfrentar los desafíos y la sabiduría para aprender de cada experiencia.

A la Universidad Industrial de Santander, nuestra Alma Mater, por acogernos nuevamente en sus aulas llenas de conocimiento y por brindarnos las herramientas necesarias para alcanzar nuestras metas.

A nuestros profesores, quienes con su dedicación y experiencia nos inspiraron a superar nuestros límites y a perseguir la excelencia, principalmente agradecemos profundamente a nuestro director de proyecto por su invaluable orientación y sabiduría a lo largo de este proceso.

Finalmente, a todos y cada una de las personas que estuvieron en el proceso, muchas gracias por creer en nosotros y por ser parte de este logro.

## Contenido

1.	Introducción .....	9
2.	Objetivos .....	11
2.1	Objetivo General .....	11
2.2	Objetivos Específicos .....	11
3.	Planteamiento del problema.....	12
4.	Alcance .....	13
5.	Marco teórico .....	14
5.1	Obras públicas .....	14
5.2	Placa huella.....	15
5.3	Productividad de la mano de obra .....	15
5.4	Lean Construction.....	16
5.5	Metodología 5s .....	17
5.6	Flujo de valor.....	17
5.7	Práctica recomendada AACE RP 22R-01 .....	18
6.	Recopilación y análisis de datos .....	19
6.1.	Selección de capítulos a monitorear con la Ley de Pareto: .....	20
6.2.	Levantamiento de ciclo de proceso de construcción .....	22
6.3.	Muestreo aleatorio de la asignación de cuadrillas .....	32
6.4.	Muestreo de trabajo aleatorio .....	37
6.5.	Análisis de ingreso y costo diario de mano de obra .....	43
7.	Lista de recomendaciones .....	45
8.	Beneficios esperados.....	47
	Bibliografía .....	50

## Lista de figuras

<i>Figura 1. Localización Piedecuesta (Izquierda) y vereda las Amarillas (Derecha).</i>	19
<i>Figura 2. Localización Tramo 2.</i>	20
<i>Figura 3. Diseños placa huella – Sección transversal de placa huella.</i>	22
<i>Figura 4. Diseños placa huella - Planta placa huella y detalle viga riostra.</i>	23
<i>Figura 5. Diseños placa huella - Sección longitudinal viga riostra.</i>	23
<i>Figura 6. Piedra pegada – Embandada. Tomada en obra.</i>	25
<i>Figura 7. Piedra pegada – Fundida. Tomada en obra.</i>	25
<i>Figura 8. Concreto 3000 psi - ajustes niveles de sub-base en cuneta. Tomada en obra.</i>	28
<i>Figura 9. Concreto 3000 psi - Armado de parrilla. Tomada en obra.</i>	29
<i>Figura 10. Concreto 3000 psi – Fundida. Tomada en obra.</i>	29
<i>Figura 11. Placa huella terminada. Tomada en obra.</i>	30
<i>Figura 12. Secuencia de la obra – AutoCAD. Elaboración propia.</i>	31
<i>Figura 13. Secuencia de la obra - Microsoft Visio. Elaboración propia.</i>	31
<i>Figura 14. Diagrama circular de la utilización de mano de obra. Elaboración propia.</i>	40

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Ley de Pareto (el 81% del presupuesto para el tramo de placa huella equivale al 29% de los capítulos).	21
<b>Tabla 2.</b> Levantamiento del ciclo del proceso - Piedra pegada con concreto ciclópeo.	24
<b>Tabla 3.</b> Levantamiento del ciclo del proceso - Concreto 3000 psi reforzado.	26
<b>Tabla 4.</b> Cantidad de trabajadores con su respectivo cargo, que se involucran en los capítulos estudiados.	32
<b>Tabla 5.</b> Distribución de labores y cuadrillas de trabajo para las tareas de piedra pegada con concreto ciclópeo.	33
<b>Tabla 6.</b> Distribución de labores y cuadrillas de trabajo para las tareas de concreto 3000psi reforzado.	34
<b>Tabla 7.</b> Utilización de la mano de obra por tipo de actividad. Elaboración propia en campo.	39
<b>Tabla 8.</b> Ingreso diario por mano de obra (pesos colombianos).	43
<b>Tabla 9.</b> Costo diario por mano de obra (pesos colombianos).	44

## **Resumen**

**Título:** Caso de aplicación de la práctica recomendada AACE RP 22R-01, medición de la productividad laboral de la mano de obra directa, aplicada en la construcción de proyectos de infraestructura.

**Autores:** Alberto Johanny Garcés Rojas y Silvia Juliana Picón Calderón.

**Palabras Claves:** Mano de obra, proyectos de construcción, infraestructura, productividad.

**Descripción:** La presente monografía muestra el análisis de la mano de obra en un proyecto público de infraestructura, ubicado en el municipio de Piedecuesta-Colombia, tomando de base una de las prácticas recomendadas por la Asociación para el Avance de la Ingeniería de Costos (AACE), específicamente la 22R-01, la cual describe un método directo para medir, monitorear y optimizar la productividad laboral de proyectos de construcción y mantenimiento.

El proyecto consistía en la construcción de aproximadamente 4 km de placa huella distribuidos en 5 tramos no continuos en una vía rural del municipio mencionado, en uno de los cuales se analizó la mano de obra.

Para hacer este análisis, primero fue necesario identificar los capítulos constructivos más significativos del proyecto por medio de la ley de Pareto y hacer un levantamiento del ciclo del proceso constructivo. Posteriormente se hicieron muestras aleatorias de la asignación de cuadrillas a las diversas actividades y un registro del avance diario de ejecución de la obra. Y se finalizó la recolección de la información con un muestreo de trabajo del tiempo invertido por los trabajadores en labores productivas, no productivas y en inactividad. Con esta información recolectada se realizó un análisis de la mano de obra, y finalmente se dio una lista de recomendaciones con el fin de optimizar la productividad laboral para este tipo de proyectos de infraestructura.

## **Abstract**

**Title:** Case of application of the recommended practice AACE RP 22R-01, measurement of labor productivity of direct labor, applied in the construction of infrastructure projects.

**Authors:** Alberto Johanny Garcés Rojas & Silvia Juliana Picón Calderón.

**Keywords:** Labor, construction projects, infrastructure, productivity.

**Description:** This monograph shows the analysis of labor in a public infrastructure project, located in the municipality of Piedecuesta-Colombia, based on one of the practices recommended by the Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE), specifically 22R-01, which describes a direct method to measure, monitor and optimize labor productivity of construction and maintenance projects.

The project consisted of the construction of approximately 4 km of footprint plate distributed in 5 non-continuous sections on a rural road in the aforementioned municipality, in one of which the labor was analyzed.

To carry out this analysis, it was first necessary to identify the most significant construction chapters of the project through Pareto's law and survey the construction process cycle. Subsequently, random samples were made of the assignment of crews to the various activities and a record of the daily progress of execution of the work. And the collection of information was completed with a work sampling of the time invested by workers in productive, non-productive and inactive tasks. With this information collected, a labor analysis was carried out, and finally a list of recommendations was given in order to optimize labor productivity for this type of infrastructure projects.

## 1. Introducción

En Colombia, la construcción de vías rurales con placa huella es crucial para mejorar la accesibilidad y conectividad entre comunidades, ya que a menudo se observa que las regiones rurales no cuentan con una infraestructura de movilidad en buenas condiciones, facilitando el transporte de productos agrícolas y otros bienes, e impulsando el desarrollo económico local y calidad de vida de las comunidades rurales.

Es por ello, que la optimización de recursos, cumplimiento de los plazos de entrega y la calidad del trabajo se convierten en aspectos de gran importancia en este tipo de proyectos. El éxito de cualquier proyecto de infraestructura rural se puede asegurar con el análisis, control y seguimiento del rendimiento de los recursos del proyecto, especialmente con el control de la mano de obra. Por esta razón, implementar prácticas y metodologías para medir y gestionar el rendimiento laboral es esencial para garantizar resultados óptimos.

El rendimiento de la mano de obra en la construcción es un tema complejo y multifacético que abarca desde la planificación y asignación de tareas hasta el monitoreo continuo del progreso y el ajuste de estrategias en función de los objetivos y metas a lograr. Factores como las condiciones laborales, la capacitación del personal, la disponibilidad de recursos y la gestión del tiempo juegan un papel crucial en la productividad de los trabajadores. Un enfoque sistemático en el análisis de estos factores permite identificar áreas de mejora y aplicar soluciones efectivas que optimicen el desempeño.

El control y seguimiento del rendimiento laboral no solo facilitan la detección temprana de problemas potenciales, sino que también permiten la implementación de medidas correctivas oportunas. Esto incluye la evaluación de la eficiencia operativa, la identificación de cuellos de botella y la mejora continua de los procesos. Además, el seguimiento detallado proporciona datos valiosos que pueden utilizarse para realizar ajustes en tiempo real, asegurar el cumplimiento de los plazos y mantener los costos dentro del presupuesto previsto.

A través de técnicas y herramientas específicas, es posible mejorar la eficiencia operativa y asegurar la calidad del trabajo realizado. En un entorno tan competitivo y exigente como el de la construcción, contar con prácticas sólidas para la gestión del rendimiento laboral se traduce en proyectos más exitosos y sostenibles a largo plazo, asegurando el cumplimiento de los objetivos y expectativas de todas las partes involucradas.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Proponer un plan de gestión de las actividades no productivas en el proyecto “mejoramiento de vías rurales en el municipio de Piedecuesta departamento de Santander del programa Colombia rural – nacional”, con el fin de brindar una herramienta que permita tomar decisiones para mejorar la productividad de las actividades en la etapa de construcción.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Realizar un levantamiento del ciclo de los procesos de construcción de placa huellas más significativos.

Monitorear las actividades de obra en horarios y cuadrillas de trabajo diferentes, con el fin de obtener datos de la productividad laboral.

Identificar las actividades no productivas y los cuellos de botella que generan mayor impacto en la etapa de construcción del proyecto.

Realizar una lista de recomendaciones con el fin de optimizar el rendimiento laboral.

### 3. Planteamiento del problema

En los proyectos de construcción el rendimiento de la mano de obra es un factor importante, que puede fluctuar dependiendo de la economía general, aspectos laborales, clima, actividad, equipamiento, supervisión y características de los trabajadores; por ende, el desempeño laboral puede afectar en gran medida los costos y cronograma del proyecto, si no se gestiona adecuadamente. Esta problemática se evidencia en el proyecto, “MEJORAMIENTO DE VIAS RURALES EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA DEPARTAMENTO DE SANTANDER DEL PROGRAMA COLOMBIA RURAL – NACIONAL”, que implicaba la construcción de aproximadamente 4 km de placa huella y proyectado para finalizar en 8 meses, sin embargo, por diferentes variables que afectaron la productividad de la mano de obra, el plazo no pudo cumplirse y se tuvo que tramitar un tiempo adicional ante la entidad contratante.

Por lo anterior, lograr identificar en una etapa temprana las causas de la reducción de la productividad o los retrasos generados en la construcción, con lo cual se puede corregir y transformar las actividades no productivas, asegura un uso óptimo de los recursos humanos y materiales, lo cual resulta en ahorros significativos de costos, cumplimiento de los plazos establecidos y mantener altos estándares de calidad.

#### **4. Alcance**

A partir de los objetivos planteados y apoyándonos en la práctica recomendada de la AACE 22R-01 (“Direct labor productivity measurement -as applied in construction and major maintenance projects”), se pretende identificar las acciones y actividades no productivas que ocasionan un impacto significativo en la etapa de construcción del proyecto.

Las acciones improductivas se medirán y monitorearán a través de recorridos de observación de la obra, con el fin de recopilar datos, para posteriormente analizarlos y generar una lista de recomendaciones con el fin de optimizar el rendimiento laboral.

## **5. Marco teórico**

La construcción de placa huella en Colombia mejora la infraestructura rural y conecta comunidades aisladas, promoviendo el desarrollo económico y social. Además, estos proyectos permiten una utilización más eficiente de los trabajadores locales al involucrar a la comunidad en la construcción y mantenimiento de las vías (Páez, 2024). Esto no solo genera empleo y reduce costos, sino que también fomenta la capacitación y empoderamiento de la mano de obra local, mejorando su productividad y contribuyendo al desarrollo sostenible de las regiones rurales.

Al realizar un seguimiento detallado de la productividad y el desempeño de la mano de obra, se pueden identificar áreas de mejora y optimizar los procesos de trabajo, lo que resulta en una mayor eficiencia y reducción de costos (Cueva, 2021). Además, el control riguroso permite minimizar errores, retrabajos y tiempos muertos, garantizando que los proyectos se completen a tiempo y dentro del presupuesto. Este enfoque no solo maximiza la utilización de la mano de obra local, sino que también mejora la calidad de la obra y la satisfacción de las comunidades beneficiadas.

### **5.1 Obras públicas**

Las obras públicas son proyectos de infraestructura ejecutados y financiados por el Estado, destinados a proporcionar servicios y beneficios a la comunidad (Gutiérrez, 2019). En el contexto de la construcción de placa huella, estas obras se enfocan en el desarrollo y mantenimiento de vías y carreteras. Estas obras son planificadas, ejecutadas y financiadas por entidades gubernamentales para asegurar que las comunidades rurales puedan beneficiarse de una infraestructura de transporte más eficiente y duradera.

El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) es el ente encargado de coordinar y supervisar las obras viales en Colombia. Define las normas y especificaciones técnicas para la construcción de infraestructura vial, incluyendo proyectos de placa huella y el Ministerio de Transporte es el ente que establece políticas y directrices para el desarrollo de la infraestructura de transporte en el país, incluyendo la planificación y ejecución de obras públicas.

## **5.2 Placa huella**

Placa huella es un elemento estructural utilizado en las vías terciarias, con el fin de mejorar la superficie de tránsito vehicular en terrenos que presentan mal estado para transitar y requiere un mejoramiento a mediano plazo (INVIAS, Sistema Constructivo de Placa Huella) (Jiménez y Borrero, 2021).

Conforme a lo anterior, Suarez y Díaz (2021) indican que este sistema consiste en la pavimentación en concreto reforzado de dos franjas por las que transitan los vehículos, seguido de dos franjas en concreto ciclópeo, y finalizando en sus extremos con berma-cunetas en concreto reforzado, todos estos elementos son conectados por medio de riostras, las cuales confinan “módulos” de placa huellas.

Este tipo de pavimentación es ideal para áreas rurales con bajos volúmenes de tráfico y terrenos difíciles, como zonas montañosas o con alta pluviosidad. Ofrece una solución económica y efectiva para mejorar la transitabilidad y conectividad en estas regiones.

## **5.3 Productividad de la mano de obra**

La productividad laboral de la construcción es una medida de la eficiencia del proceso del trabajo. Puede definirse como la relación entre el valor que produce el trabajo y el valor

invertido en el trabajo (Burga, 2022). La productividad aumenta a medida que se minimizan los recursos laborales necesarios y se eliminan del proceso de trabajo los esfuerzos desperdiciados.

Teniendo en cuenta lo anterior, se cita a Lázaro y Valenzuela (2019) quienes indican que la productividad de la mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo realizado por un trabajador en un período de tiempo determinado, y es una medida clave de eficiencia en el ámbito de la construcción y otros sectores. Se puede evaluar en términos de producción, costos y calidad.

#### **5.4 Lean Construction**

Lean Construction es una metodología de gestión de proyectos basada en los principios del Lean Manufacturing, adaptada para el sector de la construcción. El objetivo de Lean Construction es maximizar el valor para el cliente mientras se minimiza el desperdicio en todos los aspectos del proceso de construcción. Esta metodología busca mejorar la eficiencia, reducir costos y tiempos, y aumentar la calidad y satisfacción del cliente mediante la eliminación de actividades y recursos que no aportan valor (Martinez et al., 2019).

Lean Construction se basa en varios principios clave:

- 1) Valor desde la Perspectiva del Cliente, enfocándose en entender y entregar lo que realmente importa al cliente.
- 2) Eliminación de Desperdicio, identificando y eliminando actividades que no aportan valor, como tiempos de espera, exceso de inventario y defectos.
- 3) Mejora Continua (Kaizen), fomentando una cultura de mejora constante en todos los niveles.
- 4) Flujo Continuo, asegurando que el trabajo fluya sin interrupciones.

5) Producción Justo a Tiempo (JIT), coordinando la entrega de materiales y recursos para minimizar inventarios innecesarios.

6) Respeto por las Personas, promoviendo la colaboración y el empoderamiento del equipo.

7) Uso de Herramientas Lean, como el mapeo del flujo de valor y el Last Planner System, para apoyar la implementación de estos principios.

### **5.5 Metodología 5s**

Las 5S en Lean Construction son una metodología derivada del sistema de producción de Toyota que se utiliza para mejorar la organización y eficiencia en el lugar de trabajo. Las 5S representan cinco principios japoneses que comienzan con la letra "S" (Cardenas et al., 2022).

Seiri - Clasificar: Eliminar del área de trabajo todo lo que no es necesario para las operaciones actuales.

Seiton - Ordenar: Organizar los elementos necesarios de manera que sean fáciles de encontrar y usar.

Seiso - Limpiar: Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.

Seiketsu - Estandarizar: Establecer estándares para las primeras tres S.

Shitsuke - Disciplina: Fomentar el hábito y la disciplina de seguir las normas establecidas.

### **5.6 Flujo de valor**

El flujo de valor es un concepto central en la metodología Lean y se refiere a la totalidad de los pasos y procesos necesarios para crear y entregar un producto o servicio desde el inicio hasta el cliente final (Frías, 2019). En la construcción, el flujo de valor incluye

todas las actividades involucradas en la planificación, diseño, construcción y entrega de un proyecto.

Los componentes del flujo de valor se encuentran clasificado en las actividades que agregan valor, las que no agregan valor, pero son necesarias, y las que no agregan valor. Y se siguen mediante unos pasos para poder mejorar ese flujo de valor:

Identificar el producto o servicio

Mapear el flujo de valor actual

Analizar el flujo de valor

Diseñar el flujo de valor futuro

Implementar las mejoras

Monitorear y ajustar

### **5.7 Práctica recomendada AACE RP 22R-01**

Esta práctica recomendada de la AACE International describe un método directo para medir, monitorear y optimizar la productividad laboral de proyectos de construcción y mantenimiento. El método descrito es el muestreo estadístico del proceso de trabajo o muestreo del trabajo. El proceso de trabajo se compone de pasos y actividades que requieren recursos, agregan valor y producen el proyecto completo (AACE International, 2004).

El propósito del muestreo del trabajo de proyectos de construcción y mantenimiento es medir y evaluar el proceso del trabajo y proporcionar información útil (casi) en tiempo real sobre el proceso. Con el análisis de los datos obtenidos se cuantifican las actividades no productivas y se identifican las posibles causas, sugiriendo medidas correctivas. Esta herramienta permite finalizar el alcance del trabajo de manera eficiente, gastando menos hora de trabajo de lo habitual.

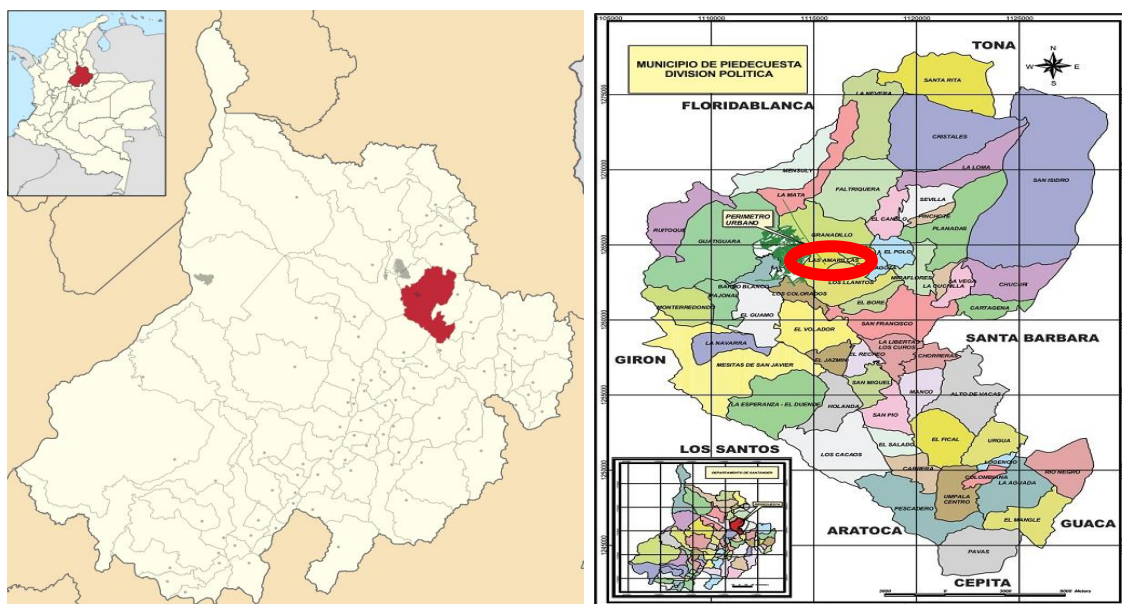
## 6. Recopilación y análisis de datos

El proyecto a analizar, es un proyecto de obra pública, que consistía en el mejoramiento de aproximadamente 4 km de vía rural, mediante la construcción de placa huella en 5 tramos no continuos, así como otras obras complementarias, sobre la vía que comunica a la Vereda Las Amarillas con el casco urbano del municipio de Piedecuesta en el Departamento de Santander, Colombia.

Este estudio se centró en la construcción de la placa huella en solo uno de los tramos, el tramo 2, sin tener en cuenta las obras complementarias realizadas ni los demás tramos de placa huella construidos. El tramo 2 consistía en la construcción de 94 metros lineales de filtro francés, dos alcantarillas de 36", y 920 metros lineales de placa huella del K4+420 al K5+340, con un ancho de 5 m y bahías de acceso en concreto a casas y predios que colindaban con la vía, la cual mantuvo como eje vial al eje del corredor vial existente.

### **Figura 1.**

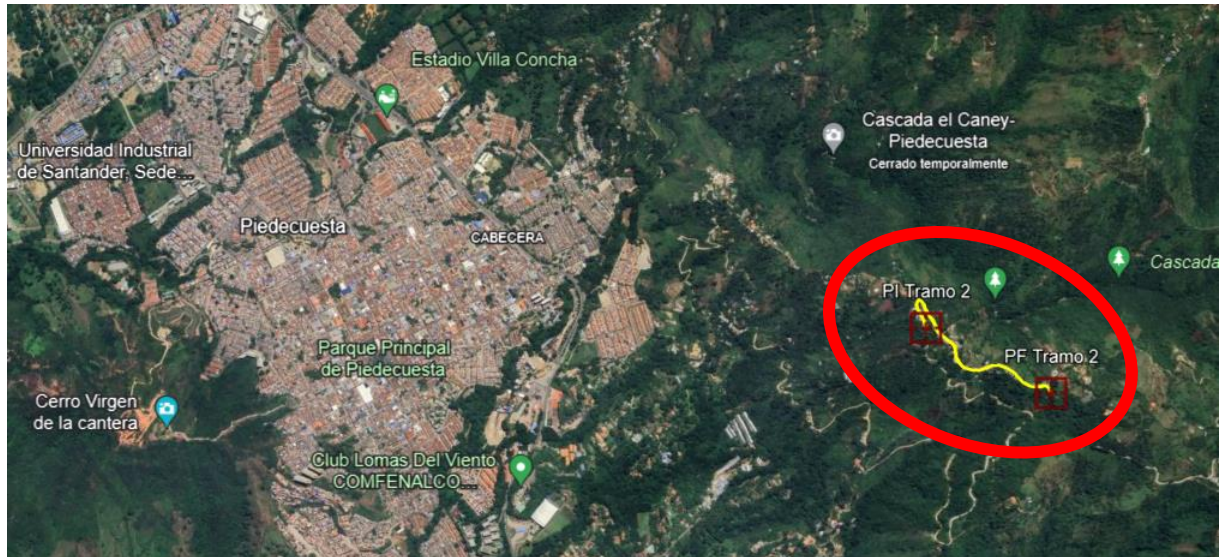
*Localización Piedecuesta (Izquierda) y vereda las Amarillas (Derecha).*



Fuente: Wikipedia (2024) <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Piedecuesta>

## Figura 2.

*Localización Tramo 2-Extraído de Google Earth.*



Fuente: diseño propio

### 6.1. Selección de capítulos a monitorear con la Ley de Pareto:

Debido a que la construcción de la placa huella tenía varios capítulos, y a que el análisis de cada uno de estos capítulos implicaba una inversión significativa de tiempo, se seleccionaron los capítulos más significativos para analizar su rendimiento. Para poder tomar esta decisión, utilizamos la ley de Pareto, la cual, al llevarla al contexto de proyectos de construcción, menciona que el 20% de los ítems del presupuesto son responsables del 80% del costo directo. Por ende, tomando de base el presupuesto del tramo de placa a huella a analizar se hizo el siguiente análisis:

**Tabla 1.**

*Ley de Pareto (el 81% del presupuesto para el tramo de placa huella equivale al 29% de los capítulos).*

N°	Capítulo	Presupuesto (pesos)	Porcentaje (%)
1	Sub-base	\$ 135.971.556	17%
2	Concreto 3000 psi reforzado	\$ 556.421.286	68%
3	Concreto ciclópeo	\$ 106.735.370	13%
4	Excavación en roca	\$ 13.662.167	2%
5	Excavación en material común	\$ 4.259.479	1%
6	Relleno	\$ 963.508	0%
7	Defensa	\$ 862.415	0%
		\$ 818.875.781	100%

Número total de capítulos	7	100%
Numero de capítulos seleccionados	2	29%

Fuente: diseño propio.

En base a ley de Pareto, analizaremos dos de los capítulos más significativos, los cuales representan el 29% del número total de actividades y el 81% del presupuesto, siendo estos los capítulos de concreto 3000 psi reforzado y concreto ciclópeo.

Es necesario precisar que el capítulo de Subbase, corresponde al 17% del presupuesto total, mayor al capítulo de concreto ciclópeo seleccionado, sin embargo, se tomó la decisión de no analizarlo, debido a que es una actividad que mayormente se hace con maquinaria, y la idea de este estudio es analizar el rendimiento de la mano de obra, adicional a eso, hacer un

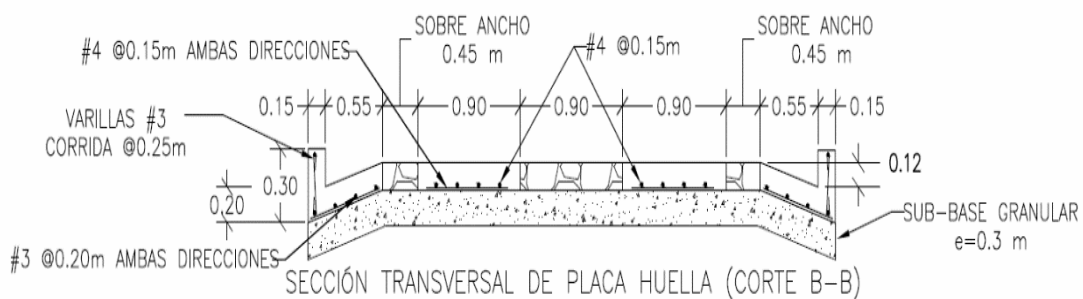
muestro de trabajo a este capítulo implicaba un desplazamiento hacia el lugar de ejecución de la actividad, pues esta se desarrolla cientos de metros más adelante del lugar donde se ejecutan las actividades de concreto de 3000 psi reforzado y concreto ciclópeo. Por ende, era más práctico mantener esa actividad por fuera de las mediciones y análisis.

## 6.2. Levantamiento de ciclo de proceso de construcción

Primero, se realizó un estudio de los diseños vigentes de la estructura, y posteriormente se hicieron recorridos de obra, con el fin de corroborar el proceso constructivo de la placa huella que se venía implementando en el proyecto.

### Figura 3.

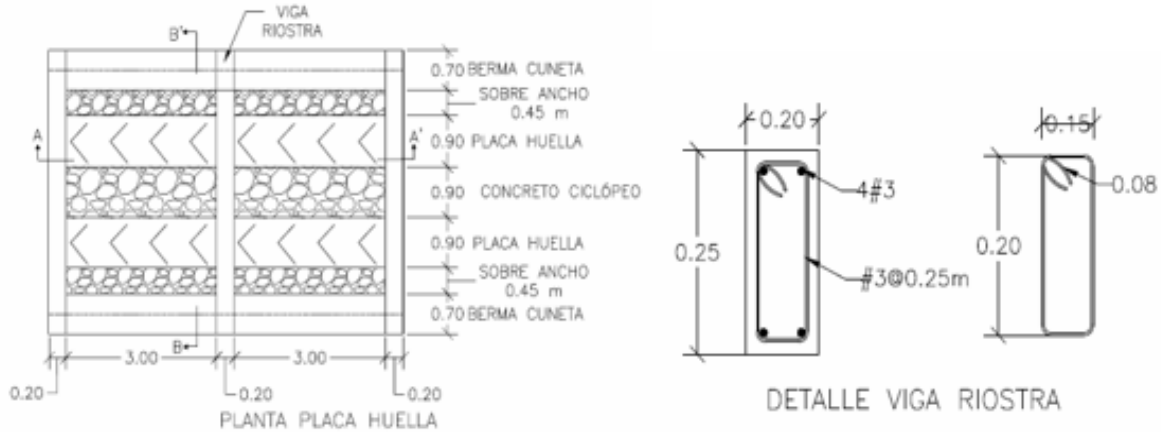
*Diseños placa huella – Sección transversal de placa huella.*



Fuente: INVIAS (2022). Obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/politicas-y-lineamientos/documentos-tecnicos/14788-cartilla-de-obras-menores-de-drenaje-y-estructuras-viales>

**Figura 4.**

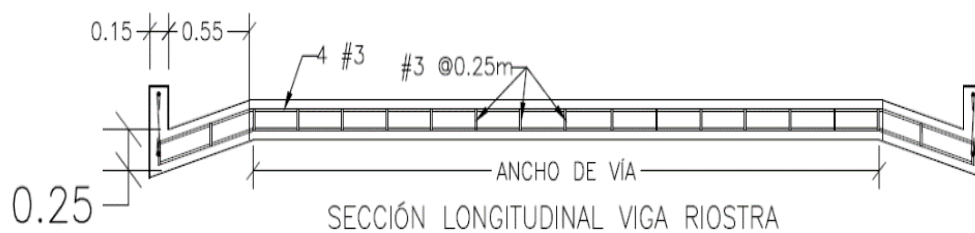
*Diseños placa huella - Planta placa huella y detalle viga riostra.*



Fuente: INVIAS (2022). Obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/politicas-y-lineamientos/documentos-tecnicos/14788-cartilla-de-obras-menores-de-drenaje-y-estructuras-viales>

**Figura 5.**

*Diseños placa huella - Sección longitudinal viga riostra.*



Fuente: INVIAS (2022). Obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural. <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/politicas-y-lineamientos/documentos-tecnicos/14788-cartilla-de-obras-menores-de-drenaje-y-estructuras-viales>

Con esta información se realiza el levantamiento del ciclo del proceso para los capítulos seleccionados con la ley de Pareto. Con el cual se identifican los procesos, las actividades y las tareas para el que llamaremos capítulo 1: Piedra pegada con concreto ciclópeo.

**Tabla 2.**

*Levantamiento del ciclo del proceso - Piedra pegada con concreto ciclópeo.*

<b>CAPITULO 1: PIEDRA PEGADA CON CONCRETO CICLOPEO</b>			
<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tarea</b>	
Piedra pegada	Embandada con formaleta metálica	Limpieza formaleta	
		Transporte formaleta	
		Instalación formaleta	
	Embandada con formaleta de madera	Limpieza formaleta	
		Transporte formaleta	
		Instalación formaleta	
	Fundida de concreto	Fundida de concreto	Transporte cemento y arena para purga
			Realización de purga para la bomba
			Manipulación de la manguera de la bomba
			Carretileo
			Transporte piedra Bolo
			Vaciado y extendida
			Retiro de pines internos
			Instalación piedra Bolo
			Nivelación de la piedra con regla
			Relleno de mezcla y allanado
			Texturizado escobeadado
Ratoneado			
Limpieza de piedras			
Desbandada	Retiro de formaletas		

Fuente: diseño propio.

Se realizó un registro fotográfico de las actividades más significativas con el fin de contextualizar el ciclo del proceso anteriormente mencionado:

**Figura 6.**

*Piedra pegada – Embandada. Tomada en obra.*



Fuente: diseño propio.

**Figura 7.**

*Piedra pegada – Fundida. Tomada en obra.*



Fuente: diseño propio.

Como siguiente paso, se realiza el levantamiento del ciclo del proceso, con el cual se identifican los procesos, las actividades y las tareas para el que llamaremos capítulo 2:

Concreto 3000 psi reforzado.

**Tabla 3.**

*Levantamiento del ciclo del proceso - Concreto 3000 psi reforzado.*

<b>CAPITULO 2: CONCRETO 3000 PSI REFORZADO</b>		
<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tarea</b>
Placa de rodamiento	Armado de parrillas	Transporte acero
		Amarrado in situ
		Levantado de parrillas con panelas de concreto
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base
		Armado de tubería para bomba de concreto
		Transporte cemento y arena para purga
		Realización de purga para la bomba
		Manipulación de la manguera de la bomba
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)
		Vibrado
		Nivelación con regla
		Allanado
		Texturizado escobeadado
		Ratoneado
Espina de pescado		
Cunetas	Ajuste niveles sub base en cuneta	Conformación manual de niveles de la sub base en la cuneta
		Compactación de cuneta con rana
	Embandada con formaleta metálica	Limpieza formaleta
		Transporte formaleta
		Instalación formaleta
	Embandada con formaleta de madera	Limpieza formaleta
		Transporte formaleta

	Armado de parrillas	Instalación formaleta
		Transporte acero
		Amarrado in situ
		Levantado de parrillas con panelas de concreto
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base
		Armado de tubería para bomba de concreto
		Transporte cemento y arena para purga
		Realización de purga para la bomba
		Manipulación de la manguera de la bomba
		Carreteo
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)
		Vibrado
		Nivelación con regla
		Allanado
	Texturizado escobeadado	
Ratoneado		
Desbandada	Retiro de formaletas	
Bordillos	Embandada con formaleta de madera	Limpieza formaleta
		Transporte formaleta
		Instalación formaleta
	Armado de parrillas	Armado de viga bordillo
		Transporte vigas bordillos
		Amarrado in situ
		Transporte cemento y arena para purga
		Realización de purga para la bomba
		Manipulación de la manguera de la bomba
		Carreteo
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)
		Allanado
	Ratoneado	
Desbandada	Retiro de formaletas	
Tratamiento de juntas	Fractura de juntas en bordillos	
Riostras	Armado de parrillas	Armado de las vigas riostras
		Excavación hueco vigas riostras
		Transporte de las vigas riostras
		Instalación de las vigas de riostra
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base

	Transporte cemento y arena para purga
	Realización de purga para la bomba
	Manipulación de la manguera de la bomba
	Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)
	Vibrado
	Nivelación con regla
	Allanado
	Texturizado escobeadado
	Ratoneado
	Dilatación riostras

Fuente: diseño propio.

Igualmente, se realizó un registro fotográfico de las actividades más significativas con el fin de contextualizar el ciclo del proceso anteriormente mencionado:

### Figura 8.

*Concreto 3000 psi - ajustes niveles de sub-base en cuneta. Tomada en obra.*



Fuente: diseño propio.

**Figura 9.**

*Concreto 3000 psi - Armado de parrilla. Tomada en obra.*



Fuente: diseño propio.

**Figura 10.**

*Concreto 3000 psi – Fundida. Tomada en obra.*



Fuente: diseño propio.

Por último, el registro fotográfico del producto final que se quiere obtener, apto para recibo por parte de interventoría.

**Figura 11.**

*Placa huella terminada. Tomada en obra.*

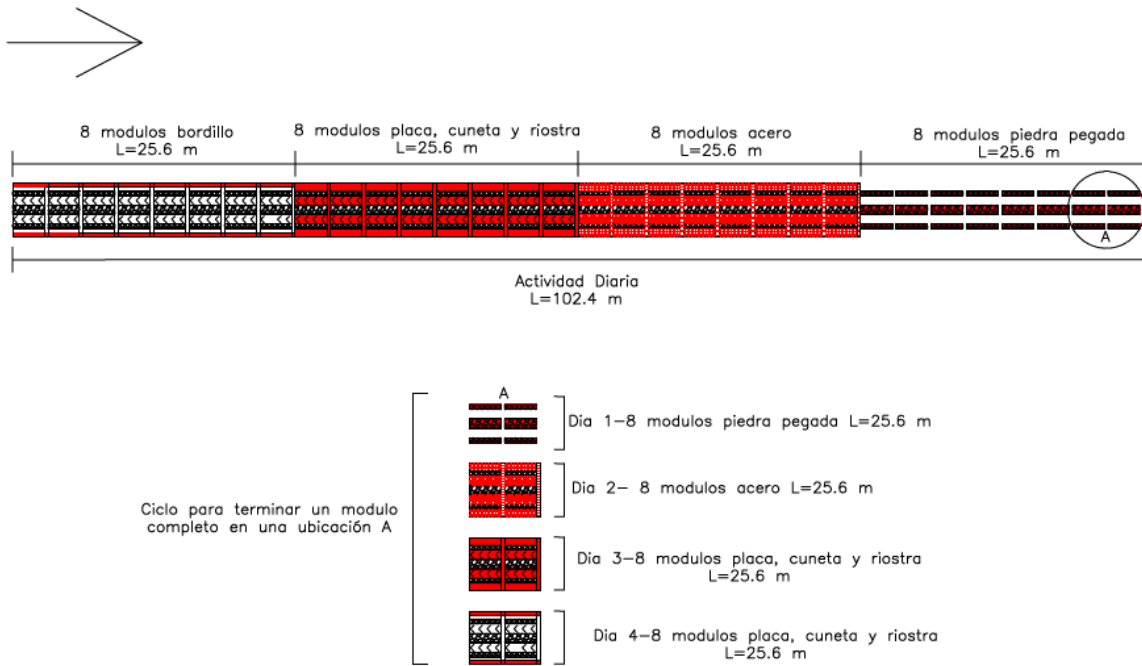


Fuente: diseño propio.

Simultáneamente con los recorridos de obra que se realizaron para el levantamiento del ciclo del proceso, se fueron registrando los avances diarios de ejecución y se realizaron esquemas gráficos con el fin de visualizar más fácilmente el proceso constructivo y la secuencia de la obra, apoyándonos en herramientas de dibujo asistido por computadora (AutoCAD) y de diagramación y gráficos vectoriales (Microsoft Visio).

**Figura 12.**

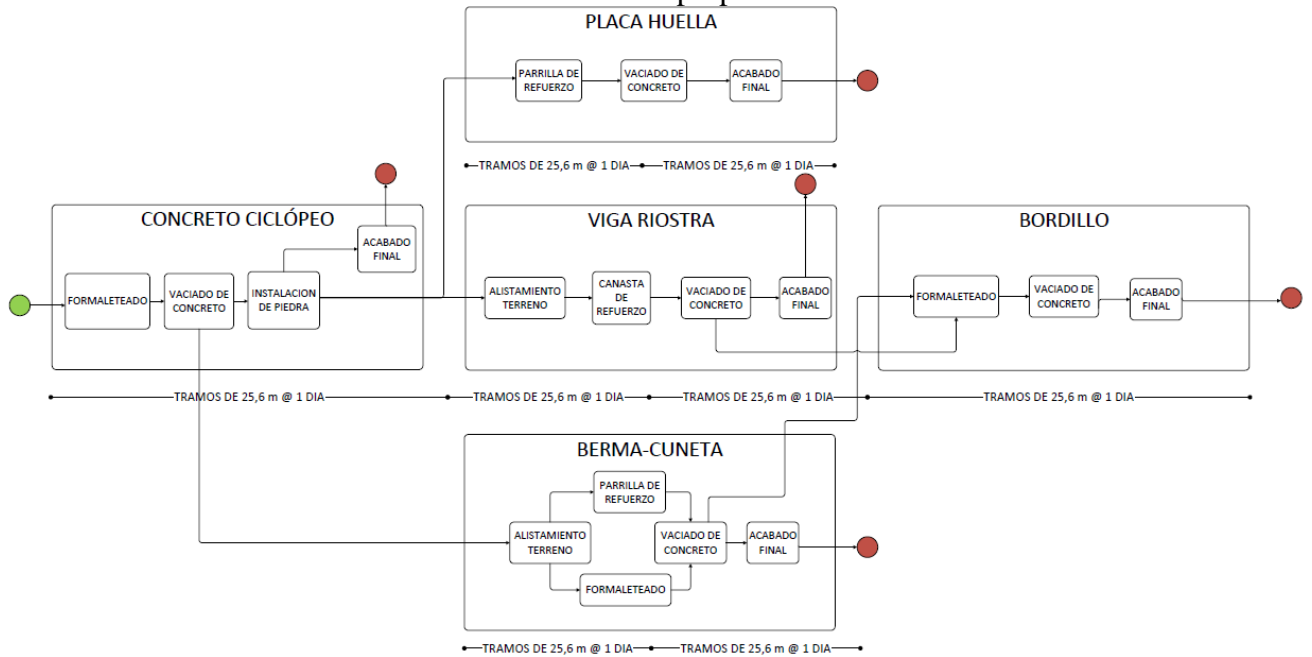
*Secuencia de la obra – AutoCAD. Elaboración propia.*



Fuente: diseño propio.

**Figura 13.**

*Secuencia de la obra - Microsoft Visio. Elaboración propia.*



Fuente: diseño propio.

### 6.3. Muestreo aleatorio de la asignación de cuadrillas

Debido, a que, en obra, no se observaban cuadrillas de trabajo claras y ordenadas, se decidió, hacer un muestreo aleatorio de las cuadrillas por varios días, con el fin de obtener información más clara sobre la organización de la mano de obra asignada para las diferentes actividades y tareas que se ejecutaban en obra, lo cual, también es una información valiosa para identificar posibles ineficiencias en la asignación de los trabajadores a las diversas tareas, y de esa manera analizar posibles aspectos a mejorar en la organización del personal.

**Tabla 4.**

*Cantidad de trabajadores con su respectivo cargo, que se involucran en los capítulos estudiados.*

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>
Maestros	1
Oficiales	6
Ayudantes	16
	23

Fuente: diseño propio.

Luego de la toma de datos de las cuadrillas que estaban conformadas en la obra para las diversas actividades del ciclo del proceso, se evidencio la siguiente asignación a cada una de las tareas más significativas durante la jornada laboral.

Primero se realizó para el capítulo 1: piedra pegada con concreto ciclópeo.

**Tabla 5.**

*Distribución de labores y cuadrillas de trabajo para las tareas de piedra pegada con concreto ciclópeo.*

<b>CAPITULO 1: PIEDRA PEGADA CON CONCRETO CICLOPEO</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tarea</b>	<b>Personal</b>		
			<b>Ayudante</b>	<b>Oficial</b>	
Piedra pegada	Embandada con formaleta metálica	Limpieza formaleta	1	1	
		Transporte formaleta	1		
		Instalación formaleta	1	1	
	Embandada con formaleta de madera	Limpieza formaleta	1	1	
		Transporte formaleta	2		
		Instalación formaleta	1	1	
	Fundida de concreto		Transporte cemento y arena para purga	2	
			Realización de purga para la bomba	2	
			Manipulación de la manguera de la bomba	2	
			Transporte piedra Bolo	2	
			Vaciado y extendida	2	1
			Instalación piedra Bolo	2	2
			Nivelación de la piedra con regla	2	2
			Relleno de mezcla y allanado	3	3
			Allanado	2	1
			Texturizado escobeadado	1	
Ratoneado			2	1	
Limpieza de piedras	1				
Desbandada	Retiro de formaletas	1			

Fuente: diseño propio.

Segundo se realizó para el capítulo 2: concreto 3000 psi reforzado.

**Tabla 6.**

*Distribución de labores y cuadrillas de trabajo para las tareas de concreto 3000psi reforzado.*

<b>CAPITULO 2: CONCRETO 3000 PSI REFORZADO</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tarea</b>	<b>Personal</b>		
			<b>Ayudantes</b>	<b>Oficiales</b>	
Placas de rodamiento	Armado de parrillas	Transporte acero	2		
		Amarrado in situ	2	2	
		Levantado de parrillas con panelas de concreto	1		
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base			1
		Armado de tubería para bomba de concreto	2		
		Transporte cemento y arena para purga	2		
		Realización de purga para la bomba	2		
		Manipulación de la manguera de la bomba	2		
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)	3		
		Vibrado	2		
		Nivelación con regla			2
		Allanado	2		2
		Texturizado escobeadado			1
		Ratoneado	2		1
Espina de pescado			1		
Cunetas	Ajuste niveles sub base en cuneta	Conformación manual de niveles de la sub base en la cuneta	1	1	
		Compactación de cuneta con rana	1		
	Embandada con formaleta metalica	Limpieza formaleta	1	1	
		Transporte formaleta	1		
		Instalación formaleta		2	
		Limpieza formaleta	1	1	

	Embandada con formaleta de madera	Transporte formaleta	1	
		Instalación formaleta		2
	Armado de parrillas	Transporte acero	2	
		Amarrado in situ	2	2
		Levantado de parrillas con panelas de concreto	1	
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base		1
		Armado de tubería para bomba de concreto	2	
		Transporte cemento y arena para purga	2	
		Realización de purga para la bomba	2	
		Manipulación de la manguera de la bomba	2	
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)	3	
		Vibrado	2	
		Nivelación con regla		2
		Allanado	2	2
Texturizado escobeadado			1	
Ratoneado	2	1		
Desbandada	Retiro de formaletas	2		
Bordillos	Embandada con formaleta de madera	Limpieza formaleta	1	1
		Transporte formaleta	1	1
		Instalación formaleta	1	1
	Armado de parrillas	Armado de viga bordillo	1	1
		Transporte vigas bordillos	2	
		Amarrado in situ	1	1
		Transporte cemento y arena para purga	2	
		Realización de purga para la bomba	2	
		Manipulación de la manguera de la bomba	2	
		Carreteo	2	
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)	1	1
		Allanado	1	1
		Ratoneado	1	1
	Desbandada	Retiro de formaletas	1	1

	Tratamiento de juntas	Fractura de juntas en bordillos		1	
Riostras	Armado de parrillas	Armado de las vigas riostras	1	1	
		Excavación hueco vigas riostras	1	1	
		Transporte de las vigas riostras	2		
		Instalación de las vigas de riostra	2		
	Fundida	Humedecimiento de la sub-base			1
		Transporte cemento y arena para purga	2		
		Realización de purga para la bomba	2		
		Manipulación de la manguera de la bomba	2		
		Vaciado y extendida (Incluyendo palear para extender el concreto)	3		
		Vibrado	2		
		Nivelación con regla			2
		Allanado	2		2
		Texturizado escobeadado			1
		Ratoneado	2		1
Dilatación riostras	1		1		

Fuente: diseño propio.

El personal se dispone en las diferentes cuadrillas dependiendo de la disponibilidad, ya que se pueden hacer simultaneas tareas durante el día, por esa razón la cantidad total al sumar las anteriores tablas no corresponde al personal total de la obra. Adicionalmente, el maestro de obra continuamente movía al personal de una tarea a otra según la ejecución de la obra durante el día, cambiando las cuadrillas constantemente.

Al realizar este muestreo de la asignación de las cuadrillas se pudo identificar una deficiencia notoria en el momento de asignar tareas en la obra a los trabajadores, ya que se evidencia la falta de organización en las cuadrillas de trabajo, pues las habilidades y capacidades de los trabajadores no correspondían adecuadamente con las tareas asignadas, por ejemplo, se asignaban oficiales en labores como limpieza de formaleta, humedecimiento

de sub base, transporte de materiales, excavaciones, y otras actividades que podría hacer un ayudante. Esta variación constante de cuadrillas, y labores que se les asignaba a los trabajadores, no permitía que estos se especializaran en algunas tareas y de esta manera aumentaran su productividad, contrario a esto, ocasionaba desmotivación y que los trabajadores no asumieran correctamente responsabilidades por las tareas que ejecutaban, causando retrabajos.

Y debido a esa falta de coordinación y comunicación también se fomentaba el desorden en el área de trabajo y pérdidas constantes de herramientas, pues las personas al cambiar de una tarea a otra, dejaban tiradas sus herramientas.

#### **6.4. Muestreo de trabajo aleatorio**

Para poder tener información sobre los porcentajes de tiempo invertido por los trabajadores en labores productivas, no productivas y tiempo de inactividad, se realizó un muestreo de trabajo aleatorio basándonos en la metodología descrita en la práctica recomendada de la ACCE 22R-01. Utilizando una adaptación del formato del apéndice b, se recolectaron los datos dentro del horario laboral de la obra, el cual era de 7 am a 5 pm, con un receso de 15 minutos en la jornada de la mañana, 1 hora para almuerzo (12 pm-1 pm), y otros 15 minutos de receso en la jornada de la tarde. La información recolectada se muestra en la siguiente tabla:

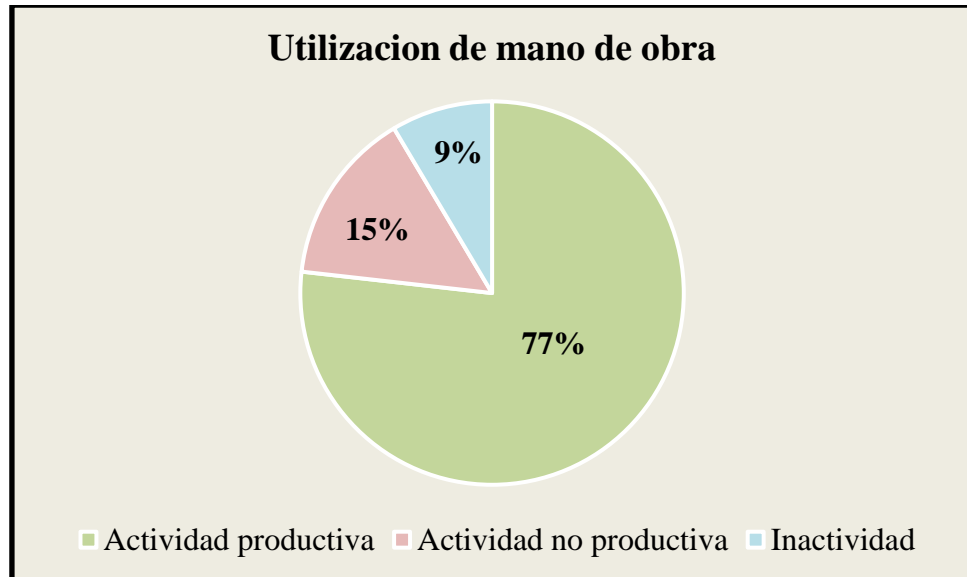
UTILIZACIÓN DE LA MANO DE OBRA- RESULTADOS DIARIOS (ADAPTACIÓN APENDICE B_ACCE 22R-01.)																												
PROCESOS					CONCRETO 3000 PSI REFORZADO Y PIEDRA PEGADA (PLACA HUELLA)																							
Recorrido					Actividad laboral directa y productiva (min)																	Actividad laboral indirecta, no productiva (min)					Tiempo de inactividad (min)	
					Piedra pegada			Placas de rodamiento		Cunetas					Bordillos					Riostras								
Recorrido N°	Fecha	Tiempo aleatorio desde inicio de turno (Apendice G)	Hora inicio	Hora fin	Embandada con formaleta	Fundida	Desbandada	Armado de parrillas	Fundida	Ajuste niveles sub-base	Embandada con formaleta	Armado de parrillas	Fundida	Desbandada	Embandada con formaleta	Armado de parrillas	Fundida	Desbandada	Tratamiento de juntas	Armado de parrillas	Fundida	Caminando con herramientas y materiales	Caminando vacío	Esperando en almacén por herramientas v/o materiales	Reprocesos	Planificando	Listo (en espera)	Inactividad por diferentes motivos
2	12/02/2024	3:40	10:40 a. m.	11:40 a. m.	24	0	0	10	35	0	8	10	35	0	0	0	35	0	55	10	35	7	0	0	5	0	60	27
3	21/02/2024	6:05	1:05 p. m.	2:05 p. m.	19	15	0	0	60	0	0	16	60	0	0	0	22	0	0	0	60	11	0	3	0	0	17	15

4	22/02/ 2024	7:35	2:35 p. m.	3:35 p. m.	0	44	0	40	60	0	23	40	60	0	0	40	0	0	0	60	60	0	6	0	60	0	0	5
5	23/02/ 2024	8:40	3:40 p. m.	4:40 p. m.	14	60	0	60	34	27	27	60	34	0	0	60	0	0	0	60	34	36	18	17	25	15	0	21
6	28/02/ 2024	1:25	8:25 a. m.	9:25 a. m.	31	0	0	60	0	10	51	53	0	0	48	52	0	0	15	47	0	6	41	19	55	25	60	9
<b>Tiempo total (min)</b>					130	119	27	230	189	92	147	236	189	31	102	188	57	18	70	232	189	93	74	47	160	55	137	113

*Tabla 7. Utilización de la mano de obra por tipo de actividad. Elaboración propia en campo.*

**Figura 14.**

*Diagrama circular de la utilización de mano de obra. Elaboración propia.*



Fuente: diseño propio.

Luego del muestreo de trabajo aleatorio, los diferentes recorridos en obra, y analizando la información presentada, pudimos identificar varias falencias y puntos a destacar en la manera en cómo se estaba ejecutando la obra, empezando por una actividad “cuello de botella” muy importante, que estaba generando grandes retrasos tanto en la piedra pegada con concreto ciclópeo como en el concreto 3000 psi reforzado, esta actividad, es la fundida, específicamente, el suministro de concreto.

El suministro de concreto no estaba siendo efectivo, ya que nunca llegaba a la hora que se programaba, ocasionando que la planeación y programación de la obra que se proponía diariamente, no se cumpliera, ya que, la obra estaba en función del suministro de concreto, el cual no estaba siendo eficiente. Este incumplimiento, también afectaba directamente el rendimiento de la mano de obra, ya que, si el concreto no llegaba a la hora programada, ocasionaba que una parte significativa del personal se quedara inactiva.

Lo ideal era que diariamente la bomba de concreto llegara a las 7 am en punto, para que el equipo de trabajo de la concretera que venía con la bomba (2 personas), empezaran a armar la tubería y tenerla lista antes de que llegara el mixer, la cual lo ideal era que llegara a las 8 am, y que fueran llegando mixer con un intervalo de 90 min. Pero la realidad era otra, ya que, esta programación que reiterativamente se le solicitaba a la concretera, no se cumplía, ya que generalmente el concreto se retrasaba, y ocasionalmente no llegaba si no hasta en horas de la tarde o días en los que incluso no llegaba concreto a la obra, a pesar de haberse programado con anticipación, ocasionando que se dañara la programación de la obra de varios días; en otras ocasiones la bomba de concreto llegaba junto al mixer, y para evitar más retrasos el maestro siempre optaba por prestarle personal a la concretera para ayudarles a armar rápidamente la tubería de la bomba y empezar a vaciar el mixer con carretas, ocasionando que se descuidaran otras labores de la obra, y generando un desgaste significativo en los trabajadores, ya que tenían que “carretear” grandes distancias; adicional a eso, el personal de la concretera no venía preparado para comunicarse entre sí a la hora de bombear o parar el bombeo del concreto, ya que debido a los grandes tramos de tubería que se estaban manejando en la obra, era necesario que dicha comunicación se hiciera por medio de radios de comunicación y no a gritos, como se estaba haciendo realmente, lo cual era bastante difícil, y en una gran mayoría de ocasiones el personal de la obra, debía manejar la tubería de la bomba de concreto para que el personal de la concretera se pudiera hacer a distancias razonables en las que se pudieran comunicar. Por ende, una buena logística del suministro del concreto es un punto fundamental que debe tenerse en cuenta para que se puedan cumplir los objetivos de ejecución de la obra y la obra marche de forma ordenada según lo planeado.

Por otro lado, la ubicación de los materiales más utilizados, como el acero, alambre, formaleta, arena y triturado, permitía ahorrar tiempo en el desplazamiento de estos

materiales, ya que se ubicaban en puntos estratégicos y planificados, pensando en el avance de la obra, y que estuvieran cerca del frente de trabajo a medida que se avanzaba en la ejecución de la misma. Sin embargo, la ubicación del campamento y almacén de herramientas, que era un container metálico móvil, lugar en el que hacían trabajo de oficina los ingenieros y en el que se guardaban principalmente las herramientas y algunos materiales, estaba ubicado muy lejos del frente de trabajo. Debido a que la construcción de placa huellas es una obra lineal y que la vía es muy angosta, el campamento debía ubicarse atrás del frente de trabajo sobre placa huella ya construida, y para acercarse más al frente de trabajo se debía esperar unos días después de fundida la placa huella, para que el concreto adquiriera una resistencia adecuada. Sin embargo, se pudo observar que a pesar de que el concreto adquiriera una resistencia por varios días, suficiente para que la ubicación del campamento y almacén no hiciera ningún daño sobre la estructura de pavimento, se dejaban pasar mucho tiempo, sin moverlo. Ocasionando un gasto significativo de tiempo en el desplazamiento desde el frente de trabajo hasta el campamento y almacén para los trabajadores a la hora de ir a buscar herramientas y algunos materiales, y para los ingenieros al intercalar sus labores de oficina con labores de supervisión en obra, volviendo la ubicación del campamento y almacén, una ubicación poco práctica e improductiva.

También observamos un reproceso que continuamente se repetía, semana tras semana, y es la limpieza de las piedras en el proceso de piedra pegada, ya que la interventoría recibía la piedra pegada con unas especificaciones, las cuales incluían que una parte de la piedra debía ser visible y limpia, lo cual era sencillo de hacer, siempre y cuando se limpiara el concreto que quedaba sobre esta piedra justo después de la fundida, pero la mayoría de veces esto no se hacía. Por ende, todas las semanas después del comité de obra semanal, la interventoría mandaba a limpiar la piedra pegada fundida recientemente, lo cual ocasionaba una gran pérdida de tiempo, ya que se tenía que mandar una cuadrilla a que limpiara con

barras y picas el concreto que quedaba por encima de estas piedras, lo cual era una tarea ardua y demorada.

### 6.5. Análisis de ingreso y costo diario de mano de obra

Para complementar la información recolectada y analizada previamente, se hizo un análisis de los ingresos y costos que le representan al contratista de obra la actividad diaria de mano de obra. Con el fin de evaluar si le estaba siendo rentable la mano de obra con las cantidades de ejecución diarias.

Primeramente, tomando de base el avance diario registrado previamente en los recorridos de obra y el precio unitario de mano de obra establecidos en los APU's de los ítems analizados del proyecto (sin incluir el factor de AIU), calculamos el ingreso por mano de obra que representa el avance diario en ejecución de las actividades analizadas:

**Tabla 8.**

*Ingreso diario por mano de obra (pesos colombianos).*

<b>Ingreso por mano de obra diariamente</b>		
Ítem del presupuesto	Cantidad avance diario (m3)	Precio unitario mano de obra (\$/m3) X avance diario (m3)
Concreto 3000 psi reforzado (Incluye cunetas, placa, bordillo)	14,7	\$ 1.842.366
Piedra pegada	6,5	\$ 269.080
<b>Total</b>		<b>\$ 2.111.446</b>

Fuente: diseño propio.

Posteriormente, tomando de base el número de trabajadores involucrados en las actividades analizadas del proyecto y el valor de su jornal incluyendo un factor prestacional, calculamos, el valor de diario de la nómina que el contratista debe pagar por estos trabajadores:

**Tabla 9.**

*Costo diario por mano de obra (pesos colombianos).*

<b>Costo diario mano de obra</b>			
<b>Cargo</b>	<b>Numero</b>	<b>Jornal (Incluyendo factor prestacional)</b>	<b>Total jornal</b>
Salario ayudante	16	\$ 83.300	\$ 1.332.800
Salario oficial	6	\$ 119.000	\$ 714.000
Salario Maestro	1	\$ 195.500	\$ 195.500
<b>Total</b>			<b>\$ 2.242.300</b>

Fuente: diseño propio.

Al analizar estos valores, podemos observar claramente que la mano de obra no le estaba siendo rentable al contratista, ya que lo que la entidad pagaba por esa mano de obra (sin incluir el AIU) no cubría los gastos de nómina en los que estaba incurriendo el contratista por ese personal, por ende, se darán una lista de recomendaciones, a partir de toda la información analizada, con el fin de aumentar la productividad laboral.

## 7. Lista de recomendaciones

Después de analizar toda la información recolectada y de haber identificado las principales causas de la baja productividad laboral, se brinda una serie de recomendaciones con el fin de aumentarla:

- a. Organizar cuadrillas de trabajo las cuales se mantengan en el tiempo, a lo largo de la obra, que no haya rotación de nuevo personal, con el fin de que las personas se especialicen y responsabilicen por sus tareas y labores asignadas. De esta manera, se logra establecer una curva de aprendizaje de manera eficiente, con beneficios para el rendimiento de obra.
- b. Asignar tareas y labores de acuerdo a la capacidad y conocimiento de cada trabajador, con el fin de no desperdiciar mano de obra calificada.
- c. Realizar charlas y capacitaciones a los trabajadores sobre la importancia de tener el área de trabajo ordenada, y a su vez responsabilizarlos por las herramientas que usan y por las condiciones de su área de trabajo.
- d. Estar constantemente moviendo el campamento y almacén cerca al frente de trabajo, o buscar otras alternativas, como sería, arrendar áreas privadas para la ubicación temporal del mismo.
- e. Responsabilizar a las cuadrillas que se encarguen de darle el acabado a la piedra pegada, de limpiar las piedras, y dejar en condiciones aptas para entrega a interventoría, con el fin de evitar reprocesos.
- f. Entablar una mesa de diálogo con la concretera con el fin de pactar compromisos, entre esos: cumplimiento del suministro de concreto a las horas programada, con el compromiso por parte del contratista de programar el concreto con una antelación pactada; enviar bomba de concreto en buen estado y con suficiente anticipación antes

del primer mixer para que tengan tiempo de armar la tubería y no generen retrasos en el vaciado de concreto; suministrar radios de comunicación a sus trabajadores, con el fin de hacer más eficiente la comunicación entre ellos. Es muy importante hacer seguimiento a los compromisos pactados, y de no cumplirse, cambiar de empresa de suministro de concreto.

## **8. Beneficios esperados**

En el alcance de este proyecto no se contempló la implementación de la lista final de recomendaciones, sin embargo, esperamos que en un futuro proyecto se implementen. Aplicar la lista de recomendaciones dadas en este trabajo, además, del uso de las metodologías y prácticas mencionadas, como Lean Construction, 5S, flujo de valor y la practica recomendada AACE RP 22R-01 en un proyecto de construcción, como en el caso de la construcción de placa huella, puede traer una serie de beneficios significativos, los cuales se esperan que sean:

### **1. Incremento en la productividad de la mano de obra**

**Eliminación de Desperdicios:** Lean Construction se enfoca en la eliminación de actividades que no agregan valor, como tiempos de espera, movimientos innecesarios y procesos redundantes. Esto optimizaría el uso de la mano de obra, enfocándola en tareas que realmente contribuyen al progreso del proyecto.

**Estandarización de Procesos (5S):** La metodología 5S mejoraría la organización y limpieza en el sitio de trabajo, lo cual reduciría el tiempo perdido buscando herramientas o materiales y minimizaría errores. Esto resulta en un entorno de trabajo más eficiente y ordenado, lo que incrementa la productividad.

**Identificación y Eliminación de Actividades que No Agregan Valor:** La metodología de flujo de valor se centra en mapear todas las actividades involucradas en el proceso de construcción, desde la planificación hasta la entrega final. Al eliminar o reducir estas actividades, se liberaría más tiempo y recursos que pueden ser reinvertidos en tareas productivas.

Monitoreo y Medición (AAACE RP 22R-01): La práctica recomendada AAACE RP 22R-01 proporciona herramientas para medir la productividad de la mano de obra de manera sistemática, permitiendo identificar áreas de mejora y optimizaría la asignación de recursos.

## **2. Mejora en la calidad del trabajo**

Al reducir los desperdicios y mejorar la organización, la calidad del trabajo tiende a mejorar, ya que los trabajadores pueden concentrarse más en la ejecución precisa de las tareas. De igual forma la implementación de la lista de recomendaciones y aplicación de metodologías, contribuirían a la reducción de errores y retrabajos, lo que a su vez mejoraría la eficiencia general del proyecto.

## **3. Reducción de costos**

Al mejorar la productividad y reducir los desperdicios, los costos asociados a la mano de obra y materiales disminuyen, lo cual se traduce en un uso más eficiente del presupuesto. La mejora en la eficiencia y la eliminación de actividades innecesarias podrían acortar el tiempo total de ejecución del proyecto, lo cual reduciría costos indirectos como supervisión y administración.

## **4. Seguridad en el lugar de trabajo**

La metodología 5S, al enfocarse en la limpieza y el orden, crea un entorno de trabajo más seguro, reduciendo riesgos de accidentes que pueden afectar la productividad. Lo cual conlleva a que un lugar de trabajo seguro y bien organizado minimizaría las interrupciones debido a accidentes o situaciones de emergencia.

## **5. Mejora en la moral y satisfacción del trabajador**

Un entorno limpio, organizado y seguro mejoraría la moral de los trabajadores, lo que conlleva a una mayor motivación y productividad. Al tener un personal de trabajo motivado, podríamos tener una participación activa de los trabajadores en la identificación y resolución de problemas, lo que fomentaría un sentido de pertenencia y compromiso con el proyecto.

## **6. Mejora continua**

La implementación de estas metodologías fomentaría una cultura de mejora continua, donde se buscaría constantemente optimizar los procesos y mejorar la productividad.

La aplicación de la lista de recomendaciones, el uso de las metodologías y practicas recomendadas generan beneficios, que, en conjunto, pueden hacer una diferencia significativa en el rendimiento global del proyecto, asegurando que se complete a tiempo, dentro del presupuesto y con altos estándares de calidad.

## Bibliografía

- 22R-01, AACE INTERNATIONAL. (April 26,2004). Direct Labor Productivity Measurement-As Applied in Construction and Major Maintenance Projects. TCM Framework:9.2-Progress and Performance Measurment. (1)
- Burga Díaz, J. (2022). Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/204>
- Cárdenas, A. G. L., Dueñas, A. N. O., Sáez, S. S. G., & Campaña, A. E. P. (2022). Implementación de la Metodología 5s en las Empresas industriales periodo–2021. Qantu Yachay, 2(1), 16-25. <https://revistas.une.edu.pe/index.php/QantuYachay/article/view/18>
- Cueva Guzmán, J. W. (2021). Plan de mejora basado en gestión por procesos para desarrollar la productividad en la empresa Integración y Tecnología Global Protection SA (Bachelor's thesis). Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21059>
- Frías, C. (2019). Aplicación del Mapa de Flujo de Valor para mejora de la eficiencia de los procesos de una empresa constructora en Varsovia (Polonia). <https://riunet.upv.es/handle/10251/116134>
- Gualdron, K., y Sáenz, D. (2022) Plan de Implementación de la Práctica AACE 22R-01 Medición Directa de la Productividad Laboral en la Actividad de Mampostería para los Proyectos de Construcción de Vivienda de Interés Social VIS. Universidad Industrial De Santander. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/f1354d55-33f8-423f-ae8e-c25adce75710/content>
- Gutiérrez, L. (2019). Las concesiones de obra pública: ¿qué son y por qué se utilizan en Chile?. Revista derecho del Estado, (44), 327-359.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-98932019000300327&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-98932019000300327&script=sci_arttext)

Instituto Nacional de Vías. (2018). Guía de Diseño de Placa Huella. Bogotá: INVIAS. (2)

Jiménez, C. J., & Borrero, E. S. (2021). Optimización de la guía vigente para el diseño de placa-huella en vías rurales de Colombia. Universidad de La Salle.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/934/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/934/)

Lázaro, H. O., & Valenzuela, N. S. (2019). Índices de productividad de la mano de obra con la aplicación de la Carta Balance en ocho obras viales de Lima Metropolitana 2019.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USMP\\_eec34dc4025f1eb97736b459efb83b7b](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USMP_eec34dc4025f1eb97736b459efb83b7b)

Martínez, G. J. P. G., del Toro Botello, H. Y., & Montelongo, A. M. L. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 110-

121. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7242765>

Orobio, A., Orobio, J. C., & Mosquera, J. M. (2018). Recomendaciones de diseño y construcción de pavimentos en placa-huella de concreto reforzado. *Revista ingenierías (Medellín, Colombia)*, 17(32), 69-83. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a4> (3)

Páez, J. D. (2024). Propuesta Metodológica para Señalización de Placa Huella en Vías Terciarias. Caso Subachoque-Guatavita–Zipaquirá.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/55894>

Suarez, A. F., & Díaz, E. C. (2022). Mejoramiento de la vía veredal río frío occidental con el diseño de placa huella del municipio de Tabio Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia. [https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/53891762-](https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/53891762-3a59-4ded-b6fa-43d2efd9929a/content)

[3a59-4ded-b6fa-43d2efd9929a/content](https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/53891762-3a59-4ded-b6fa-43d2efd9929a/content)