



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE
DESPERDICIO DE ADOQUINES, CONCRETO Y
BASE GRANULAR EN EL PROYECTO DE
MEJORAMIENTO DE LAS TRANSVERSALES
INFERIOR Y SUPERIOR**

Autor:
Luis David Arboleda Mesa

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil
(Escuela ambiental)
Medellín, Colombia
2019



METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE ADOQUINES,
CONCRETO Y BASE GRANULAR EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LAS
TRANSVERSALES INFERIOR Y SUPERIOR

Luis David Arboleda Mesa

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesores

Yenni Mariana Ramírez Mazo
Nora Elena Villegas Jiménez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Escuela ambiental.

Medellín, Colombia
2019

Tabla de contenido

1	Resumen.....	6
2	Introducción.....	6
3	Objetivos	7
3.1	Objetivo general	7
3.2	Objetivos específicos	8
4	Marco Teórico	8
4.1	Proyecto.....	8
4.2	Proceso constructivo:.....	9
4.3	Concreto	14
4.4	Base Granular:.....	15
4.5	Adoquines	15
5	Metodología	17
6	DESARROLLO DE LA METODOLOGIA	18
6.1	Revisión de información primaria del proyecto:.....	18
6.1.1	A.P.U	18
6.2	Supervisión de las actividades en obra:	24
6.2.1	Problemáticas que generan desperdicio:.....	24
7	Contraste de la información recolectada:	31
8	Cálculo de desperdicios:	33
9	Proposición de soluciones:.....	35
10	Conclusiones	38
11	Referencias bibliográficas.....	39

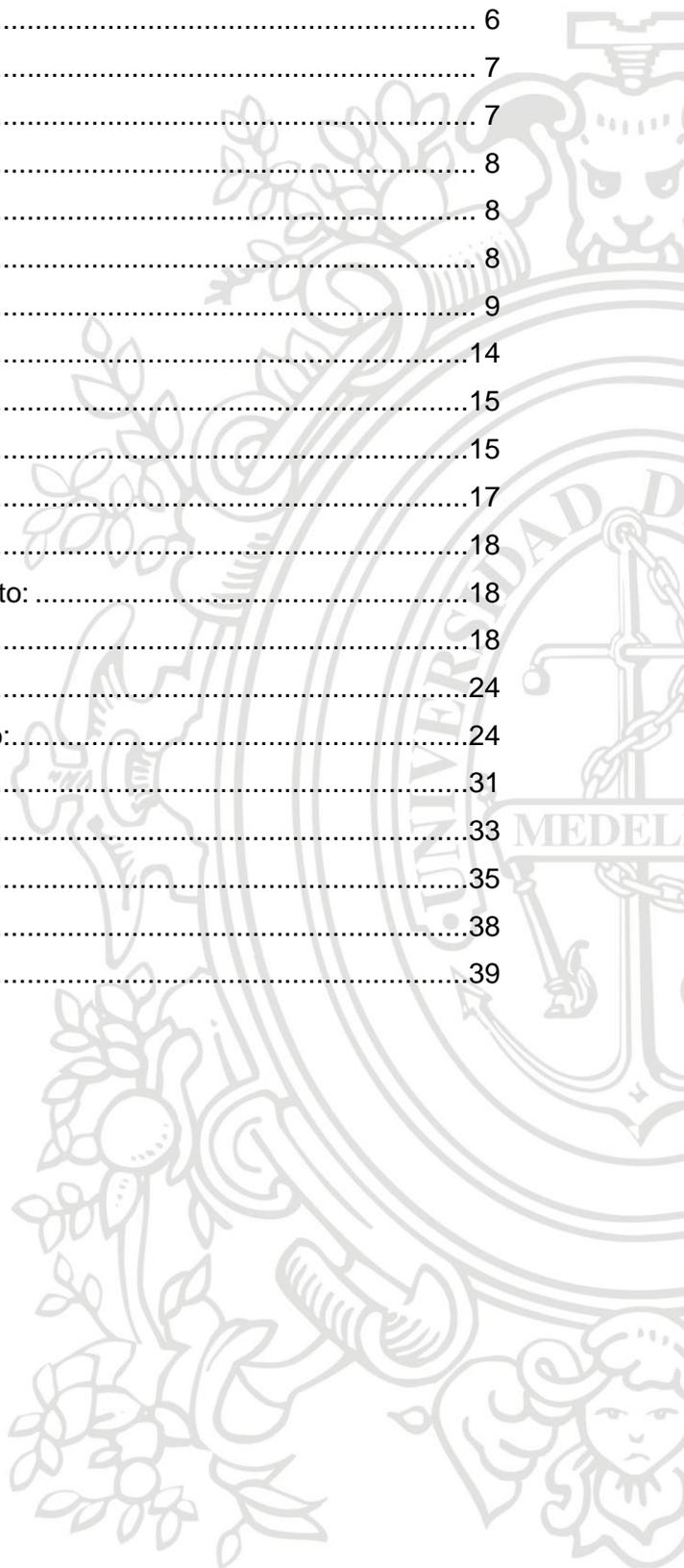


Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Red Caminera. Fuente: Sec. de Infraestructura, Infografía: EL COLOMBIANO 2018	9
Ilustración 2:Cerramiento	9
Ilustración 3:Cerramiento	9
Ilustración 4:Corte	10
Ilustración 5:Corte	10
Ilustración 6: Demolición	10
Ilustración 7: Demolición	10
Ilustración 8: Desembombe.....	10
Ilustración 9: Desembombe.....	10
Ilustración 10: Instalación de cordonería	11
Ilustración 11: Instalación de cordonería	11
Ilustración 12: Nivelación y compactación	11
Ilustración 13: Nivelación y compactación	11
Ilustración 14: Instalación de adoquines.....	12
Ilustración 15:Instalación de adoquines.....	12
Ilustración 16: Instalación de formaleta y excavación de llave.....	12
Ilustración 17: Instalación de malla electrosoldada.....	13
Ilustración 18: Instalación de malla electrosoldada.....	13
Ilustración 19: Vaciado de concreto.....	13
Ilustración 20: Vaciado de concreto.....	13
Ilustración 21: Acabados	13
Ilustración 22: Acabados	13
Ilustración 23: Limpieza.....	14
Ilustración 24: Limpieza.....	14
Ilustración 25: Arena de sello	14
Ilustración 26: Arena de sello	14
Ilustración 27:. Loseta alerta. Suministrado por: Indural.	16
Ilustración 28:Loseta guía. Suministrado por: Indural	16
Ilustración 29: Adoquín rectangular. Suministrado por: PoncE.	16
Ilustración 30: Desperdicio en brecha.....	25
Ilustración 31: Desperdicio en brecha.....	25
Ilustración 32: Desperdicio en brecha.....	25
Ilustración 33: Desperdicio en brecha.....	25
Ilustración 34: Base instalada, no protegida	26
Ilustración 35: Base instalada, no protegida	26
Ilustración 36: Ajuste cordón-vía	26
Ilustración 37: Ajuste cordón-vía	26
Ilustración 38: Apertura en la formaleta	27
Ilustración 39: Apertura en la formaleta	27
Ilustración 40: Apertura en la formaleta	27
Ilustración 41: Apertura en la formaleta	27
Ilustración 42: Desperdicio en la llave o viga de contención	28
Ilustración 43: Desperdicio en la llave o viga de contención	28
Ilustración 44: Aumento del espesor de la losa	28
Ilustración 45: Protección de la base granular	29
Ilustración 46: Protección de la base granular	29
Ilustración 47: Acopio de la base granular	29
Ilustración 48: Acopio de la base granular	29
Ilustración 49: Base granular contaminada.....	30
Ilustración 50: Base granular contaminada.....	30
Ilustración 51: Error en la cubicación.....	30

Ilustración 52: Error en la cubicación.....	30
Ilustración 53: Error en la cubicación.....	30
Ilustración 54: Error en la cubicación.....	30
Ilustración 55: Acopio adoquines.....	31
Ilustración 56: Acopio adoquines.....	31
Ilustración 57:Uso inadecuado de los adoquines.....	31
Ilustración 58:llave.....	36
Tabla 1: APU Concreto.....	19
Tabla 2: APU base granular	20
Tabla 3: APU Adoquín demarcador	21
Tabla 4:APU Adoquín alerta.....	23
Tabla 5: Cantidad de material comprado.....	32
Tabla 6: Cantidad de material cobrado.....	32
Tabla 7:Resumen Coef. Desperdicio	34
Tabla 8:Análisis de desperdicios	34
Tabla 9: Gastos desperdicio	35



1 Resumen

La construcción de obras civiles puede implicar condiciones especiales e inherentes a su desarrollo, condiciones de sitio, materiales utilizados y mano de obra disponible para su ejecución. Por ello en cada obra deben controlarse los aspectos que puedan impactar la rentabilidad de la obra, como lo son los procesos constructivos y los materiales utilizados.

El desperdicio de materiales puede generar sobrecostos al proyecto en la medida que no sean debidamente supervisados, en vista de que alrededor de un 70% del costo de una obra civil es representado por los materiales. Es indispensable la búsqueda de soluciones que ayuden a controlar el desperdicio y con ello, generar la rentabilidad esperada o incluso utilidad adicional, en caso de lograr reducción de desperdicios por debajo de lo contemplado en el presupuesto.

En este proyecto se calculó y analizó el desperdicio para los materiales que más tienen impacto sobre la obra, como son adoquines, concreto y base granular, con el ánimo de proponer soluciones que puedan contribuir a la disminución de porcentajes de desperdicio, a través del análisis de las prácticas constructivas, administración y programación de obra llevada a cabo. Para llevar a cabo este propósito se realizaron visitas de campo, revisión de información del proyecto y supervisión constante del desarrollo de actividades que implicaban el uso de los materiales mencionados. Posteriormente, se propusieron recomendaciones que puedan conllevar a la solución de problemáticas evidenciadas en obra.

Se encontró, que todos los materiales analizados, tienen un desperdicio real (Concreto:8%, Base granular:33%, Adoquines:25%-29%) que supera al desperdicio teórico (Concreto:5%, Base granular:30%, Adoquines:0%), asumido en los análisis financieros del proyecto. Esto debido principalmente a sobredimensionamiento de los elementos y a una poca protección en el acopio de los materiales.

Palabras claves: Desperdicio, Adoquines, Base Granular, Concreto Premezclado, Anden

2 Introducción

De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito. Ley 769 del 2002, se define acera o andén como “franja longitudinal de la vía urbana, destinada exclusivamente a la circulación de peatones, ubicada a los costados de ésta” (Ley 769, 2002). Esta definición puede dar a entender que los andenes no son una parte trascendental de las ciudades ni de la sección vial debido a que están relegados a una posición secundaria. Popularmente no se consideran los andenes como una obra de suma importancia.

Cuando se piensa en obras que generan un gran impacto, se suele pensar en puentes, presas, túneles, se tiene el mal concepto de relacionar obras con una gran influencia con obras complejas en aspectos ingenieriles o que tienen mucho volumen del material por metro cuadrado. Los andenes son obras que, aunque no son tan sorprendentes ingenierilmente hablado, generan un gran impacto en las poblaciones ya que son “el espacio público por excelencia, son básicos en la calidad de vida urbana, pues son el origen y destino de todo el transporte tanto colectivo como individual” (Berney, 2012) en consecuencia, su diseño,

construcción y mantenimiento es vital para el desarrollo, ya que sin andenes no hay espacio para que los peatones sean parte activa de la ciudad.

Los andenes deben aportar al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, deben ser un espacio para la inclusión, al momento de su diseño y construcción se debe pensar en las personas que tienen alguna discapacidad visual o motriz, ya que estas son las más vulnerables ante la presencia de un obstáculo en el camino, por esto, con el fin de lograr un espacio público accesible para todas las personas se usan los lineamientos establecidos en el Manual de Espacio Público -MEP- en el que se tiene en cuenta lo establecido en la Ley Estatutaria 1618 de 2013 en la cual se establecen las garantías de los derechos de las personas con discapacidad y se acoge a la reglamentación del Manual de referencia de accesibilidad al medio físico y al transporte del año 2000 (MEP, 2018).

El proyecto “Mejoramiento de la movilidad peatonal en las transversales inferior (carrera 32-34) y superior (diagonal 25 - carrera 25-25b). Interviniéndose la sección vial.” Es un proyecto de urbanismo que se encuentra en su fase de final ejecución y busca conectar las transversales superior e inferior del Poblado generando así un circuito donde los habitantes de esta comuna puedan transitar de forma segura, continua y amable por el espacio público.

Toda la ejecución de obras civiles implica dentro de su buena práctica, la elaboración de presupuestos de costo y de tiempo, sin embargo, en el proceso constructivo se presenta el desperdicio de materiales y reducción de rendimientos, si bien es cierto que estas anomalías resultan ser inevitables, es necesario trabajar asumiendo un porcentaje de desperdicio, ya que la reducción de este por completo implicaría muchos más esfuerzos y gastos en comparación con la retribución que representaría el ahorro del desperdicio en los materiales. Por otro lado, como resultado de unas deficientes prácticas ingenieriles, el desperdicio puede sobrepasar los porcentajes usuales para cada material y comenzar a consumir las utilidades del constructor, disminuyendo la rentabilidad del proyecto, además de que, a gran escala, esta situación impacta el medio ambiente al aumentar la extracción, fabricación y generación de los materiales de construcción.

De acuerdo con lo anterior, la construcción de andenes es más susceptible a generar mayores desperdicios si no se cuenta con planificación y programación de obra. Contar con un punto estable para el acopio que evite la exposición del material a los agentes atmosféricos, prevenir el transporte de materiales innecesariamente y velar por la seguridad de los materiales ante el hurto, pueden ser algunas de las acciones que hacen parte de la planificación del proyecto y que disminuyen las posibilidades de generar desperdicios de material adicionales a los originados durante la ejecución de actividades. Identificar las problemáticas influyentes en las pérdidas de material puede contribuir a disminuir los factores de pérdida.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer una metodología para reducir el desperdicio de adoquines, concreto y base granular en el proyecto de mejoramiento de la movilidad peatonal en la transversal inferior y superior

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las problemáticas en aspectos técnicos y administrativos que genera un aumento en el desperdicio de los materiales a analizar.
- Establecer los aspectos técnicos que rigen la ejecución, el cobro y conformidades de en las actividades constructivas.
- Verificar el cumplimiento de los requerimientos contractuales de acuerdo a los controles realizados en obra.
- Diagnosticar las condiciones presentadas en obra que pueden impactar el incremento de costos del proyecto en relación con desperdicios y malas prácticas constructivas.
- Plantear posibles soluciones ante las fallas constatadas en los aspectos constructivos, administrativos y de programación de obra.
- Documentar la metodología a implementar producto de la evaluación y análisis de información.

4 Marco Teórico

4.1 Proyecto

El proyecto de urbanismo “Mejoramiento de la movilidad peatonal en las transversales inferior (carrera 32-34) y superior (diagonal 25 - carrera 25-25b)” está siendo ejecutado por el Consorcio Constructor conformado por MetalCemento y Manuel Ricardo Hernández, con la interventoría de Velnec S.A.

El proyecto es conocido también como “la red caminera” y tiene como meta generar 10.542 metros cuadrados de espacio público creando de esta manera un nuevo circuito peatonal de 5.271 metros lineales que conectara las transversales Superior e Inferior (Ilustración 1). En este proyecto hay invertidos \$5.073 millones y “beneficiará a más de 139.000 habitantes de la comuna El Poblado” (García, 2018).



El tipo de andén que se está construyendo es una estructura de pavimento rígido de baja capacidad para uso exclusivo de peatones y siguiendo todos los lineamientos establecidos en el Manual de Espacio Público (MEP). Un pavimento rígido es conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada (DNP & Mintransporte, 2017). A continuación, se muestra la explicación del proceso constructivo de los andenes:

4.2 Proceso constructivo:

1. Cerramiento: debido a que se está trabajando en un espacio donde el tránsito de peatones y vehículos es continuo, es necesario un cierre total del perímetro donde se van a realizar los trabajos, protegiendo a los transeúntes de una posible lección por las labores de construcción (Ilustración 2, Ilustración 3).



Ilustración 2: Cerramiento



Ilustración 3: Cerramiento

2. Corte: Cisura del pavimento de forma longitudinal, paralela al andén que se va a construir (Ilustración 4, Ilustración 5). Con el fin de generar uniformidad y un buen acabado en el ajuste que debe hacerse con concreto entre el cordón y la vía.



Ilustración 4: Corte



Ilustración 5: Corte

- Demolición: Derribamiento del andén existente y el pavimento necesario para la construcción del nuevo andén (Ilustración 6, Ilustración 7).



Ilustración 6: Demolición



Ilustración 7: Demolición

- Desembombe: Retiro y disposición de todo el material proveniente de la demolición (Ilustración 8, Ilustración 9)



Ilustración 8: Desembombe



Ilustración 9: Desembombe

- Instalación de cordonería: colocación de cordón prefabricado que sirve como contención del andén y separador entre la vía y el pavimento (Ilustración 10).

proporciona confinamiento a la estructura de pavimento. Para instalar el cordón prefabricado es necesario excavar una brecha con las dimensiones necesarias para que pueda ser instalada la hilada de codones (Ilustración 11).



Ilustración 10: Instalación de cordonería



Ilustración 11: Instalación de cordonería

- Nivelación y compactación: excavación y/o lleno de materia necesario para garantizar una estructura estable de base compactada (Ilustración 12, Ilustración 13) La base se construye con capas de espesor constante en toda el área del pavimento, cada capa debe quedar completamente compactada antes de colocar la siguiente. La estructura debe tener una densidad uniforme en toda su extensión y profundidad, teniendo mayor cuidado en las zonas adyacentes a las estructuras de contención, la superficie debe quedar lo más uniformemente posible, garantizando el espesor adecuado para el concreto.



Ilustración 12: Nivelación y compactación



Ilustración 13: Nivelación y compactación

- Instalación de adoquines: ubicación de los adoquines (demarcador, guía, alerta) de acuerdo a las especificaciones del MEP (Ilustración 14, Ilustración 15)



Ilustración 14: Instalación de adoquines



Ilustración 15: Instalación de adoquines

- Instalación de formaleta y excavación de llave de confinamiento: si el andén no cuenta con contención preexistente o generada por la cordonería es necesario instalar una formaleta que sirva como contención temporal, además de esto se debe excavar un espacio entre la formaleta y la estructura de base con el fin de que este espacio sea ocupado por el concreto y genere una viga o llave de contención (Ilustración 16)



Ilustración 16: Instalación de formaleta y excavación de llave

- Instalación de malla electro soldada: corte y colocación de la malla electrosoldada que sirve como refuerzo de temperatura, esta también debe ser instalada en la llave de contención (Ilustración 17, Ilustración 18).



Ilustración 17: Instalación de malla electrosoldada



Ilustración 18: Instalación de malla electrosoldada

- Vaciado de concreto: protección de elementos prefabricados para evitar que se manchen y vertimiento de concreto premezclado en el andén y en el ajuste entre el cordón y la vía (Ilustración 19, Ilustración 20).



Ilustración 19: Vaciado de concreto



Ilustración 20: Vaciado de concreto

- Acabados: se genera el acabado del andén con ayuda de elementos prismáticos (Ilustración 21, Ilustración 22).



Ilustración 21: Acabados



Ilustración 22: Acabados

- Limpieza: después de que el concreto ya alcanzó una resistencia aceptable se comienza con las labores de retiro de residuos, para luego habilitar el andén a los peatones (Ilustración 23, Ilustración 24).



Ilustración 23: Limpieza



Ilustración 24: Limpieza

- Arena de sello: se esparce la arena seca sobre el andén en una capa delgada y se barre repetidamente haciendo uso de una escoba y en distintas direcciones, tantas veces como sea necesario para que penetre la junta (Ilustración 25, Ilustración 26).



Ilustración 25: Arena de sello



Ilustración 26: Arena de sello

En relación con la escogencia de los materiales seleccionados para el análisis de desperdicios, se cuenta con el concreto, base granular y adoquines.

4.3 Concreto

El concreto es un material cuya característica mecánica principal es la resistencia a la compresión simple, está compuesto por una mezcla de cemento, grava, arena y agua. Inicialmente se encuentra en un estado líquido que permite su trabajabilidad, después de un lapso de tiempo, el concreto pierde fluidez a medida que gana resistencia, hasta llegar a ser sólido (Argos S.A, s.f).

Contractualmente para estos andenes se exige un espesor mínimo de 8 cm y este aumenta dependiendo de las condiciones de carga a las que vaya estar sometido el andén, como por ejemplo tráfico de vehículos, andén apoyado sobre pilotes, entre otras. Para estos casos particulares la interventoría especificará el espesor que se debe usar. La resistencia del concreto debe ser de 21 MPa y un asentamiento de 6 pulgadas (Contrato No 460007651, 2018), debido a que el concreto utilizado es premezclado, suministrado por la Concretera

Tremix S.A.S, estos se encargan de garantizar la obtención de los parámetros, pero adicionalmente se verifican mediante el ensayo de fallo de cilindros elaborando siguiendo los lineamientos de la norma I.N.V.E 410-13 y el ensayo de fluidez del concreto “Slump” siguiendo la norma NTC 396

4.4 Base Granular:

Es un material que se encuentra al interior de la estructura del andén, entre el concreto y la subrasante. Está compuesta por un porcentaje de triturados, arena y una pequeña parte de materiales finos (Zapata ingenieros, s.f). Esta capa de material le da mayores capacidades estructurales al pavimento.

Contractualmente se exige que los andenes tengan en su estructura mínimo 15 centímetros de base granular compactada a un 98% de la densidad máxima (Contrato No 460007651, 2018). El ensayo Proctor modificado es suministrado por el proveedor del material que para este caso es Cantera Santa Rita, el cual entrega el material en estado suelto, por lo que es necesario tener en cuenta los cambios de volumen en el material.

Cuando se realiza una excavación en un suelo en estado natural, el material extraído experimenta un aumento en su volumen el cual es conocido como esponjamiento, de forma inversa sucede, cuando un suelo en estado suelto o natural es compacta con medios mecánicos, se obtiene un volumen menor al del suelo en estado natural y mucho menor al del suelo en estado suelto. Este cambio volumétrico se puede expresar por medio de un coeficiente que es obtenido mediante la siguiente relación:

Coeficiente de expansión (Ce):

$$C_e = \frac{V_s}{V_c}$$

Donde:

Vs: Volumen del suelo en estado suelto o natural

Vc: Volumen del suelo compactado

Si se quiere calcular el coeficiente de compactación (Cc) basta con invertir la fórmula:

$$C_c = \frac{V_c}{V_s}$$

4.5 Adoquines

Los adoquines son bloques de diferentes formas y colores, estos pueden ser usados para indicar al peatón el cruce por una vía, cambio de pendiente, rutas a seguir, etc. Los adoquines se pueden colocar en estacionamientos, calles, jardines y en otras aplicaciones de urbanización (DeArquitectura, s.f). Los tipos de adoquines usados para la construcción de los andenes según las normas establecidas en el MEP son:

- Loseta guía amarillo (Ilustración 27)

- Loseta alerta amarillo (Ilustración 28)
- Adoquín rectangular amarillo (Ilustración 29)



**Ilustración 27: Loseta alerta.
Suministrado por: Indural.**



**Ilustración 28: Loseta guía.
Suministrado por: Indural**



**Ilustración 29: Adoquín
rectangular. Suministrado por:
PonCE.**

Estos materiales son representativos debido a la cantidad necesaria y su influencia en la rentabilidad de la obra. Es necesario mantener un control de estos, dado que una eventual no correspondencia entre las cantidades solicitadas y las cantidades ejecutadas, afectaría de forma negativa la renta de la obra. Por lo tanto, se puede definir desperdicio como toda cantidad de material extra en relación con la necesaria para elaborar un producto, afectando el coste del mismo. Existen diferentes tipos de desperdicio que se mencionan a continuación (Soibelman. s.f):

- Desperdicio inevitable: se refiere al porcentaje de desperdicio que requiere un gasto adicional durante la utilización del material, este gasto no se ve rentabilizado por el ahorro en el material.
- Desperdicio controlable: es aquel producto de deficientes procesos constructivos, administración y programación de obra.

- Desperdicio directo: se refiere al desperdicio que genera un DDM (desperdicios de demolición y construcción).
- Desperdicio indirecto: es aquél que no es percibirle a simple vista como una sustitución de material usando materiales con mayores especificaciones o sobre diseño en las dimensiones y los tenores.

La cantidad de material no aprovechada en el concreto, la base granular y los adoquines debe estar supeditada al porcentaje o coeficiente de desperdicio asociado a las actividades de obra y que es contemplado en el análisis de precios unitarios. Cada constructora puede calcular un coeficiente para cada material, acorde con el nivel de optimización de los procesos constructivos que lleva a cabo como entidad.

A continuación, se muestra la fórmula para calcular el coeficiente de desperdicio y el porcentaje de desperdicio:

Coeficiente de desperdicio (Cd):

$$Cd = \frac{Mu}{Mr}$$

Donde:

Mu: Material usado o comprado

Mr: Material requerido conforme a planos y/o especificaciones técnicas o material cobrado

Si se quiere calcular el porcentaje de desperdicio D(%) se usa la siguiente formula:

$$D(\%) = \frac{(Mu - Mr)}{Mr} \times 100$$

5 Metodología

Para desarrollar el proyecto se llevó a cabo el procedimiento descrito a continuación:

- Visitas de campo: Durante las primeras semanas del proyecto se hizo una serie de recorridos en campo en compañía del ingeniero director, visitando los diferentes frentes de obra, así como todas las zonas a intervenir posteriormente, familiarizándose con el personal operativo y las actividades a desarrollar. De estos recorridos se hizo un sondeo preliminar y se reconocieron algunas problemáticas que generan desperdicios, se obtuvo registro fotográfico del procedimiento constructivo y demás actividades necesarias como la seguridad y protección de los peatones y los trabajadores.
- Revisión de información primaria del proyecto: se revisó los documentos referentes a las actividades a realizar en obra, las cuales son específicamente urbanísticas, por lo cual el documento principal fue el M.E.P (Manual de Espacio Público). También se revisaron los diferentes archivos y documentos concernientes a las condiciones contractuales del contrato como son A.P.U. (Análisis de Precios Unitarios), requerimientos, alcance, obligaciones técnicas, sociales, ambientales y de seguridad y

salud en el trabajo. La mayor parte de estos documentos son públicos y pueden encontrar en el sistema SECOP (Detalle del Proceso Número: 0070006460). De esta revisión se consiguió material fundamental para el análisis de los desperdicios, como lo son los A.P.U., Además de información fundamental para tener encuentra en el desarrollo de supervisión de actividades.

- Supervisión de las actividades en obra: se realizó una inmersión total en campo, con el cargo de auxiliar residente encargado de la supervisión de actividades de un frente de obra ubicado en la transversal inferior del poblado, que comprende desde la avenida las palmas con la transversal inferior (carrera 30) hasta la transversal inferior (carrera 32) con la loma de Los Balsos (calle 9 sur). De esta actividad se obtuvo principalmente registros fotográficos, datos de cantidades compradas y cobradas. También se identificaron las problemáticas que generan desperdicio en la base granular, el concreto premezclado y los adoquines.
- Contraste de la información recolectada: se hizo una comparación y un análisis de las cantidades de material ejecutado (cobrado) y las cantidades de material pedido (comprado) mediante gráficos y tablas.
- Cálculo de desperdicios: con los datos recopilados se obtuvo el coeficiente de desperdicio, porcentaje de desperdicio, gasto del desperdicio. Se hizo una comparación del desperdicio teórico y el desperdicio real para cada uno de los materiales estudiados.
- Análisis de la información recopilada: se realizó un análisis de toda la información recolectada y los datos obtenidos, cada análisis se realizó conjuntamente al reporte de información.
- Proposición de soluciones: se propusieron algunas soluciones para cada problemática identificada en la supervisión de actividades.

6 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

6.1 Revisión de información primaria del proyecto:

6.1.1 A.P.U

A continuación, se muestran los A.P.U. del concreto, base granular, adoquines guía, alerta y demarcado, con el fin de evidenciar y analizar el desperdicio que se está teniendo en cuenta para cada material y verificar que el desperdicio real calculado posteriormente este por debajo.

APU concreto: en la tabla 1 se puede observar los elementos que se tuvieron en cuenta para evaluar el precio del concreto premezclado. En la casilla “Cantidad” para el material “Concreto premezclado 21 MPa” se refleja el valor 1.050 lo que significa que por cada metro cubico del ítem se necesitan 1,05 metros cúbicos de concreto, por lo cual el desperdicio que se está consideran para el concreto premezclado es del 5%, este valor es comúnmente usado por los constructores.

Tabla 1: APU Concreto

	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		OBRA	Movilidad Peatonal	
			FECHA	29/05/2018	
	versión 01	edición 03-03-2017	RESPONSABLE	DIRECTOR OBRA	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
OBJETO: MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD PEATONAL DE LAS AVENIDAS TRANSVERSALES INFERIOR (32-34) Y SUPERIOR (DIAGONAL 25 - CARRERAS 25-25B) MEDIANTE LA INTERVENCION DE LA SECCION DE LA VIA					
Suministro, transporte y colocación de concreto de 21 Mpa, PREMEZCLADO				No. Item	Unidad
				7,13	m3
Clave	Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Formaleta Súper T - 1,53 x 2,44 m - 19	un	0.100	\$ 117,900	\$ 11,790
	Clavos	lb	0.157	\$ 2,540	\$ 399
	Tabla madera común - 0,2 x 3 mts	un	1.000	\$ 10,900	\$ 10,900
	Concreto premezclado 21 mpa	m3	1.050	\$ 396,000	\$ 415,800
					\$ -
Importe de Materiales				SUBTOTAL	\$ 438,889
Clave	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Cuadrilla: 1Oficial + 1Ayraso	jor	0.97000	\$ 149,621	\$ 145,132
Importe de Mano de Obra				SUBTOTAL	\$ 145,132
Clave	Herramienta	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Herramienta menor	(%)mo	0.0500	\$ 150,000	\$ 7,500
Importe de Herramienta				SUBTOTAL	\$ 7,500
Clave	Auxiliares	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
					\$ -
Importe de Auxiliares				SUBTOTAL	\$ -

PRECIO UNITARIO				\$ 591,521
ADMINISTRACION		22.35%		132,205
UTILIDAD		7.1%		42,057
COSTO TOTAL ITEM				765,783

APU Base granular: en la tabla 2 se puede observar los elementos que se tuvieron en cuenta para evaluar el precio de la base granular. En la casilla "Cantidad" para el material "Base granular (incluye transporte)" se refleja el valor 1.30 lo que significa que por cada metro cubico del ítem se necesitan 1,30 metros de base granular, por lo cual el desperdicio que se está consideran para el base granular es del 30%, este porcentaje además del desperdicio incluye la pérdida de volumen del material al ser compactado, esto se puede determinar debido a que el A.P.U. se está realizando con el precio de un metro cúbico de base suministrado en volqueta (suelto). Debido a que no se cuenta con la densidad del material suelto no es posible separar el porcentaje de desperdicio del porcentaje de pérdida de volumen, por lo cual, el análisis deberá realizarse relacionando el material suministrado por volqueta y el compactado y compararlo con el coeficiente de desperdicio teórico 1.30.

Tabla 2: APU base granular

	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		OBRA	Movilidad Peatonal	
			FECHA	29/05/2018	
	versión 01	edición 03-03-2017	RESPONSABLE	DIRECTOR OBRA	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
OBJETO: MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD PEATONAL DE LAS AVENIDAS TRANSVERSALES INFERIOR (32-34) Y SUPERIOR (DIAGONAL 25 - CARRERAS 25-25B) MEDIANTE LA INTERVENCION DE LA SECCION DE LA VIA					
Llenos compactados con base granular, incluye transporte local, compactados mecánicamente hasta obtener una densidad igual o mayor del 98% de la densidad máxima obtenida en el ensayo del próctor modificado.				No. Item	Unidad
				5,4	m3
1	Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Base granular (incluye transporte)	m3	1.30	\$ 73,132	\$ 95,072
					\$ -
Importe de Materiales				SUBTOTAL	\$ 95,072
2	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	ayudante	día	0.10000	\$ 44,567	\$ 4,457
Importe de Mano de Obra				SUBTOTAL	\$ 4,457
3	HERRAMIENTA Y EQUIPO	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total

	Herramienta menor	(%)mo	0.050	\$ 5,000	\$ 250
	Rana y/o placa vibratoria (incluye combustible)	día	0.1000	\$ 45,500	\$ 4,550
					\$ -
Importe de Herramienta y Equipo				SUBTOTAL	\$ 4,800
	Auxiliares	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Acarreo interno menor de 100 mts	m3	1.00	\$ 5,173	\$ 5,173
					\$ -
Importe de Auxiliares				SUBTOTAL	\$ 5,173
	Costo Directo				\$ 109,502
ADMINISTRACION		22.35%			24,474
UTILIDAD		7.1%			7,786
COSTO TOTAL ITEM					141,762

APU adoquín demarcador: en la tabla 3 se pueden observar los elementos que se tuvieron en cuenta para evaluar el precio de la instalación de adoquines demarcador. En la casilla "Cantidad" para el material "adoquín demarcador" se refleja el valor 5 lo que significa que por cada metro lineal del ítem se necesitan 5 piezas de adoquín, ya que el largo de un adoquín es de 20cm, no se está considerando desperdicio para la instalación de adoquines. Por lo cual cualquier pieza extraviada o corte que se haga en estas, representara una pérdida.

Tabla 3: APU Adoquín demarcador

	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		OBRA	Movilidad Peatonal	 Alcaldía de Medellín
			FECHA	29/05/2018	
	versión 01	edición 03-03-2017	RESPONSABLE	DIRECTOR OBRA	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
OBJETO: MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD PEATONAL DE LAS AVENIDAS TRANSVERSALES INFERIOR (32-34) Y SUPERIOR (DIAGONAL 25 - CARRERAS 25-25B) MEDIANTE LA INTERVENCION DE LA SECCION DE LA VIA					
Suministro, transporte y colocación de franja demarcadora para limitados visuales en adoquín de 10x20x6 cm. Incluye arena de apoyo 5 cm, sello de juntas con arena, todo lo necesario para su correcta colocación color AMARILLO				No. Item	Unidad
				10,1	ml.
Clave	Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total

	Adoquín rectangular 10 x 20 x 6 amarillo	un	5.00	\$ 1,500	\$ 7,500
	Arena de revoque (incluye transporte)	m3	0.01	\$ 72,462	\$ 725
	Arena de pega (incluye transporte)	m3	0.00	\$ 81,030	\$ 340
Importe de Materiales				SUBTOTAL	\$ 8,565
Clave	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Cuadrilla: 1Oficial + 1Ayraso	jor	0.07	\$ 149,621	\$ 9,725
Importe de Mano de Obra				SUBTOTAL	\$ 9,725
Clave	Herramienta	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Herramienta menor	(%)mo	0.44	\$ 1,000	\$ 439
Importe de Herramienta				SUBTOTAL	\$ 439
Clave	Equipo	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Cortadora de adobe - sin disco	día	0.05	\$ 11,900	\$ 595
	Disco punta de diamante para cortadora	día	0.01	\$ 44,030	\$ 440
	Rana y/o placa vibratoria (incluye combustible)	día	0.03	\$ 45,500	\$ 1,365
Importe de Equipo				SUBTOTAL	\$ 2,400
Clave	Auxiliares	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Transporte de adoquin (10 x 20 x 6)	un	5.00	\$ 126	\$ 630
Importe de Auxiliares				SUBTOTAL	\$ 630
PRECIO UNITARIO				\$ 21,759	
ADMINISTRACION		22.35%			4,863

UTILIDAD		7.1%		1,547
COSTO TOTAL ITEM				28,169

APU adoquín guía y alerta: en la (tabla 4) se pueden observar los elementos que se tuvieron en cuenta para evaluar el precio de la instalación de adoquines demarcador. En la casilla “Cantidad” para el material “adoquín demarcador” se refleja el valor 25 lo que significa que por cada metro cuadrado del ítem se necesitan 25 piezas de adoquín, ya que el área de un adoquín guía o alerta es de 20x20cm, no se está considerando desperdicio para la instalación de adoquines guía o alerta. Por lo cual cualquier pieza extraviada o corte que se haga en estas representara una pérdida.

Tabla 4:APU Adoquín alerta

	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		OBRA	Movilidad Peatonal	 Alcaldía de Medellín
			FECHA	29/05/2018	
	versión 01	edición 03-03-2017	RESPONSABLE	DIRECTOR OBRA	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
OBJETO: MEJORAMIENTO DE LA MOVILIDAD PEATONAL DE LAS AVENIDAS TRANSVERSALES INFERIOR (32-34) Y SUPERIOR (DIAGONAL 25 - CARRERAS 25-25B) MEDIANTE LA INTERVENCION DE LA SECCION DE LA VIA					
0.00				No. Item	Unidad
				10.2	m2
Clave	Materiales	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Adoquín guía o alerta de 20 x 20 x 6	un	25.00	\$ 2,320	\$ 58,000
	arena de revoque (incluye transporte)	m3	0.05	\$ 72,462	\$ 3,623
	Arena pega (incluye transporte)	m3	0.02	\$ 81,030	\$ 1,621
Importe de Materiales				SUBTOTAL	\$ 63,244
Clave	Mano de Obra	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Cuadrilla: 1Oficial + 1Ayraso	jor	0.10	\$ 149,621	\$ 14,962
Importe de Mano de Obra				SUBTOTAL	\$ 14,962
Clave	Herramienta	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Herramienta menor	(%)mo	0.82	\$ 1,000	\$ 817

Importe de Herramienta				SUBTOTAL	\$ 817
Clave	Equipo	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Cortadora de adobe - sin disco	día	0.04	\$ 11,900	\$ 476
	Disco punta de diamante para cortadora	día	0.05	\$ 44,030	\$ 2,202
	Rana y/o placa vibratoria (incluye combustible)	día	0.10	\$ 45,500	\$ 4,550
Importe de Equipo				SUBTOTAL	\$ 7,228
Clave	Auxiliares	Unidad	Cantidad	V/Unitario	V/Total
	Transporte de adoquín (10 x 20 x 6)	un	26.25	\$ 150	\$ 3,938
Importe de Auxiliares				SUBTOTAL	\$ 3,938
PRECIO UNITARIO					\$ 90,190
ADMINISTRACION		22.35%			20,157
UTILIDAD		7.1%			6,413
COSTO TOTAL ITEM					116,760

6.2 Supervisión de las actividades en obra:

6.2.1 Problemáticas que generan desperdicio:

A continuación, se muestra las problemáticas que generar desperdicio en los materiales analizados en este documento. Estas problemáticas fueron evidenciadas por medio de la incursión en campo y la supervisión de actividades en obra. Es importante recalcar que el ente interventor no reconoce ningún sobre uso de materiales producto de errores o descuidos en procesos constructivos, administrativos, esta cantidad adicional de material debe ser asumida por el constructor.

Desperdicio por procesos constructivo

- **Base granular**

1. **Desperdicio en brecha:** En el proceso de excavación para la instalación de cordonería se genera una brecha entre el cordón y la subrasante (Ilustración 30,

Ilustración 31, Ilustración 32, Ilustración 33), esta apertura es llenada en su totalidad por base granular, la cual presenta problemas a la hora de su cubicación y de su cobro. Esta brecha es producida por el aumento de la sección del andén, en cuyo caso un porcentaje de este volumen es reconocido, este porcentaje se obtiene con la diferencia entre la sección existente y la nueva. Pero la brecha también es generada por una sobre excavación innecesaria para la instalación de la cordonería o en el retiro de sobrantes.



Ilustración 30: Desperdicio en brecha



Ilustración 31: Desperdicio en brecha



Ilustración 32: Desperdicio en brecha



Ilustración 33: Desperdicio en brecha

2. **Base instalada, no protegida:** si la base aún no ha alcanzado una compactación adecuado, la estructura es susceptible a ser dañada por la lluvia (Ilustración 34, Ilustración 35), ya que aún tiene una relación de vacíos alta, el agua se infiltra satura la estructura de base granular, crea puntos inestables y no permitiendo la compactación, esta debe ser retirada, desechada, e instalada nuevamente usando un material que tenga una humedad óptima.



Ilustración 34: Base instalada, no protegida



Ilustración 35: Base instalada, no protegida

- **Concreto**

1. **Ajuste cordón - vía:** si el cordón no es instalado lo más cerca posible el pavimento se genera un espacio (Ilustración 36, Ilustración 37) que posteriormente tendrá que ser rellenado por concreto. Adicional a esto, si no se efectúa el proceso de corte o se hace de manera deficiente, queda un borde irregular que genera un mayor consumo de concreto al momento de hacer el ajuste. Este ajuste no es reconocido por la interventoría.



Ilustración 36: Ajuste cordón-vía



Ilustración 37: Ajuste cordón-vía

2. **Apertura en la formaleta:** si se dejan espacio entre la formaleta y el terreno, en el proceso de vaciado del concreto, este se escapará a través de estas aperturas (Ilustración 38, Ilustración 39, Ilustración 40, Ilustración 41), generando además del desperdicio del material, un acabado poco estético que deberá ser corregido posteriormente.



Ilustración 38: Apertura en la formaleta



Ilustración 39: Apertura en la formaleta



Ilustración 40: Apertura en la formaleta



Ilustración 41: Apertura en la formaleta

- Excavación llave de contención:** Si hay un exceso en la excavación de la llave de viga de contención, se genera un borde irregular (Ilustración 42, Ilustración 43,) producto del desconfinamiento lateral de la base. Además, es muy común que las dimensiones terminen siendo mayores que las requeridas debido a que la mano de obra usa herramientas no adecuadas con el fin de ahorrar esfuerzo y de esta forma se consumirá más concreto del requerido por diseño.



Ilustración 42: Desperdicio en la llave o viga de contención



Ilustración 43: Desperdicio en la llave o viga de contención

4. **Aumento del espesor de la losa:** Se produce un desperdicio de concreto al sobredimensionar el espesor de la losa (Ilustración 44). Esto es debido a que no se verifica el nivel al que debe llegar la estructura de base y no se verifica el espesor de la losa de concreto.



Ilustración 44: Aumento del espesor de la losa

Desperdicio por deficiente planeación y descuidos en la protección de los materiales

- **Base granular**

1. **Protección de la base granular:** Para el caso en que los acopios de base no son protegidos correctamente de la lluvia (Ilustración 46, Ilustración 47), la base deje de cumplir con los requerimientos de calidad necesarios para ser usada, ya que se lava parte del material y hace que el componente de finos se adhiera generando grumos y cambiando la granulometría del material.



Ilustración 45: Protección de la base granular



Ilustración 46: Protección de la base granular

2. **Acopio de la base granular:** si el material es acopiado en lugares no adecuados (Ilustración 48, Ilustración 49) y después tiene que ser reubicado esto generara una pérdida de material producto de ese transporte, debido a que parte de material se queda en los lugares donde ha reposado.



Ilustración 47: Acopio de la base granular



Ilustración 48: Acopio de la base granular

3. **Base granular contaminada:** si la base se contamina con DDC (desechos de demolición y construcción) o materia orgánica esta deberá ser desechada (Ilustración 50, Ilustración 51), ya que deja de cumplir con los estándares de calidad necesarios para su uso.



Ilustración 49: Base granular contaminada



Ilustración 50: Base granular contaminada

- **Concreto**

1. **Error en la cubicación:** debido a que el concreto utilizado en obra es solicitado a la Concretera Tremix, en caso de existir un error de cálculo en el pedido, sobrepasando la cifra necesaria, se causa el desecho del concreto adicional (Ilustración 52, Ilustración 53, Ilustración 54, Ilustración 55), lo cual puede representar una pérdida significativa.



Ilustración 51: Error en la cubicación



Ilustración 52: Error en la cubicación



Ilustración 53: Error en la cubicación



Ilustración 54: Error en la cubicación

- **Adoquines**

1. **Acopio adoquines:** para el caso del acopio de adoquines en puntos poco óptimos, el posterior transporte de los mismos hacia el sitio de colocación, por largos trayectos, aumenta la probabilidad de que se maltraten y se rompan. Adicionalmente, en caso de apilarlos de forma inadecuada pueden terminar por facilitar su caída y posterior rompimiento. (Ilustración 56, Ilustración 57)



Ilustración 55: Acopio adoquines



Ilustración 56: Acopio adoquines

2. **Uso inadecuado de los adoquines:** si los adoquines son empleados para usos diferentes a los destinados, como por ejemplo para sostener el plástico que protege otros materiales (Ilustración 58), estos pueden terminar por romperse, extraviarse o mezclarse con los desechos.



Ilustración 57: Uso inadecuado de los adoquines

7 Contraste de la información recolectada:

En la tabla 5 y tabla 6 se muestran las cantidades de material comprado y cobrado respectivamente, estas cantidades son obtenidas por medio del registro de compras del

consorcio constructor hasta el mes de abril y la cantidad de material cobrado en el acta de cobro para el mes de abril, estos datos están reportados en los anexos.

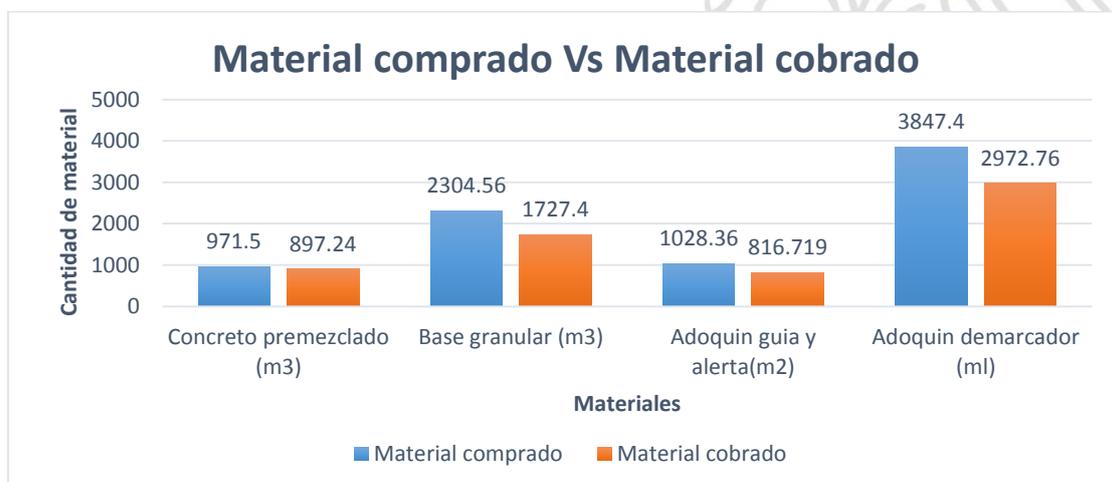
Tabla 5: Cantidad de material comprado

Cantidad de material comprado	
Descripción	Cantidad
Concreto premezclado (m3)	971.5
Base granular (m3)	2304.56
Adoquín guía y alerta (und)	25709
Adoquín demarcador (und)	19237

Tabla 6: Cantidad de material cobrado

Cantidad de material cobrado	
Descripción	Cantidad
Concreto premezclado (m3)	897.24
Base granular (m3)	1727.4
Adoquín guía y alerta(m2)	816.71
Adoquín demarcador(ml)	2972.76

- En el gráfico 1 se puede ver que la cantidad de material comprado siempre supera a la cantidad de material cobrado, por lo que para todos los materiales estudiados existe desperdicio, pero no se puede determinar si este desperdicio genera pérdidas al proyecto. Se puede observar que los materiales que tienen más desperdicio son la Base granular y los Adoquines demarcador ya que la cantidad de material comprado está muy por encima de la materia cobrada, este resultado era esperado para la base granular ya que como se mencionó anteriormente este porcentaje incluye la pérdida de volumen del material compactado, para los adoquines demarcadores es un dato alarmante ya que como se observó en los A.P.U la cantidad de material comprado debería ser igual al cobrado para no incurrir en pérdidas, la diferencia entre la cantidad de material comprado y cobrado de concreto premezclado es baja y a simple vista se puede decir que no supera el 10%.



Gráfica 1: Comparación material comprado y material obrado

8 Cálculo de desperdicios:

A continuación, se presenta el cálculo de desperdicio para cada material y porcentaje de desperdicio, para este cálculo se requiere la cantidad de material comprado que se muestra en la tabla 7.

Concreto premezclado:

A. Coeficiente de desperdicio

$$Cd = \frac{971.5m^3}{897.47m^3} = 1.082$$

B. Porcentaje de desperdicio

$$D(\%) = \frac{(971.5m^3 - 897.24m^3) * 100}{897.24m^3} = 8.2\%$$

Base granular:

A. Coeficiente de desperdicio

$$Cd = \frac{2304.56m^3}{1727.4m^3} = 1.334$$

B. Porcentaje de desperdicio

$$D(\%) = \frac{(2304.56m^3 - 1727.4m^3) * 100}{1727.4m^3} = 33.4$$

Adoquín guía y alerta:

A. Coeficiente de desperdicio

$$Cd = \frac{(25709und * 0.04m^2)}{816.719m^2} = 1.259$$

B. Porcentaje de desperdicio

$$D(\%) = \frac{((25709und * 0.04m^2) - 816.719m^2) * 100}{816.719m^2} = 25.9$$

Adoquín demarcador:

A. Coeficiente de desperdicio

$$Cd = \frac{(19237und * 0.2m)}{2972.76m} = 1.292$$

B. Porcentaje de desperdicio

$$D(\%) = \frac{((19237und * 0.2m) - 2972.76m) * 100}{2972.76m} = 29.24$$

Tabla 7: Resumen Coef. Desperdicio

Resumen		
Descripción	Coef. Desperdicio	Desperdicio (%)
Concreto premezclado	1.08	8.28
Base granular	1.33	33.41
Adoquín guía y alerta	1.26	25.91
Adoquín demarcador	1.29	29.42

En la tabla 8 se presenta una comparación de los desperdicios usados en el A.P.U. y los desperdicios reales calculados. En la columna Desperdicio adicional se puede observar el porcentaje de desperdicio adicional al contemplado que se está teniendo, todos estos valores son mayores a 0 lo que significa que para todos los materiales analizados hay un desperdicio mayor que el contemplado en principio. Es especialmente alarmante el desperdicio en los adoquines, ya que como se mencionó anteriormente para este no se contempló ningún desperdicio, pero los valores reales son superiores a un 25% de desperdicio para este material. Aunque el desperdicio adicional para el concreto y la base granular es relativamente bajo (3%) al ser materiales influyentes por su precio y cantidad, se estaría generando una pérdida significativa para el contratista.

Tabla 8: Analisis de desperdicios

Análisis de desperdicios					
Material	Coef. Desperdicio teórico	Coef. Desperdicio real	Desperdicio teórico (%)	Desperdicio real (%)	Desperdicio adicional (%)
Concreto premezclado	1.05	1.08	5	8	3
Base granular	1.3	1.33	30	33	3
Adoquín guía y alerta(m2)	1	1.26	0	26	26
Adoquín demarcador(ml)	1	1.29	0	29	29

En la tabla 9 se presente una posible valoración del desperdicio adicional que se está teniendo en la obra, solo considerando el costo del material, las pérdidas monetarias reales son mayores ya que este desperdicio también genera reprocesos y costos adicionales cuya

consideración se sale del alcance de este proyecto. Se puede observar que, aunque el porcentaje de desperdicio del concreto es mucho menor al de los otros materiales analizados, genera una pérdida muy significativa debido a su elevado costo comparado con los demás materiales, la mayor pérdida se ve reflejada en los adoquines que suman \$23,875,764.

Tabla 9: Gastos desperdicio

Gastos desperdicio			
Material	Valor unitario	Cantidad de material desperdiciado	perdidas (\$)
Concreto premezclado	\$396,000	29.145	\$11,541,420
Base granular	\$73,132	69.1368	\$5,056,112
Adoquín guía y alerta	\$2,320	6684.34	\$15,507,669
Adoquín demarcador	\$1,500	5578.73	\$8,368,095
Total			\$40,473,296

9 Proposición de soluciones:

A continuación, se dan algunas recomendaciones para disminuir el desperdicio en los materiales:

Desperdicio por procesos constructivos

- **Base granular**

1. **Desperdicio en brecha:**

- A. En el momento de hacer la excavación para instalar el cordón se debe procurar no excavar un ancho mayor al necesario para su instalación.
- B. Cuando se necesite excavar para retirar sobrantes de demolición, es recomendable hacerlo con una pica, ya que genera una excavación de un menor ancho del que se generaría se usa una pala.
- C. Es inevitable que se genere una brecha, pero esta puede ser rellenada con el mismo material de la subrasante, asegurándose que quede un terreno firme y uniforme.

2. **Base instalada no protegida:**

- A. Cuando se esté realizando el proceso de lleno y compactación de la base, se debe tener un plástico preparado en el caso de que comience a llover, igualmente, al finalizar la jornada se debe dejar protegida la estructura de base, por lo menos hasta que se realice la verificación de su densidad y esta cumpla con la requerida.

- **Concreto**

- 1. Ajuste cordón – vía:**

- A. Es indispensable no omitir el proceso de corte del pavimento, ya que este genera un borde uniforme que facilita la instalación de la cordonería.
- B. Es necesario marcar bien la línea por la que se va a realizar el corte dejando el ancho exacto del nuevo andén, esto es especialmente importante en las curvas ya que en estas hay más dificultad para acomodar los cordones.
- C. En el caso de que se genere una apertura considerable, no es recomendable rellenarla con otros materiales como escombros o material de excavación ya que esta estructura podrá fallar posteriormente producto del tránsito vehicular o algún sobreesfuerzo.

- 2. Apertura en la formaleta**

- A. Se debe procurar en la medida de lo posible que no se generen estas aperturas, colocando de forma adecuada la formaleta, si acaso queda algún espacio este puede ser cerrado usando madera.
- B. Los espacios en la formaleta también pueden ser cubiertos con material de excavación, se coloca una porción suficiente para contener el concreto.

- 3. Desperdicio en la llave o viga de contención**

- A. Se deben cuidar las dimensiones de la excavación de la base para que estén no queden mayores a las requeridas, para esto es recomendable que se escave usando la punta de la pica y se retire el material de forma manual.
- B. Es posible poner una formaleta adicional para contener la estructura de base respetando el ancho y espesor de la llave (Ilustración 58), esta formaleta se retira antes del vaciado.



Ilustración 58:llave

4. Aumento del espesor de la losa

- A. Se debe marcar el nivel al que debe llegar la estructura de base granular, además de verificar constantemente que se esté cumpliendo el espesor adecuado para la losa de concreto.

Desperdicio por deficiente planeación y descuidos en la protección de los materiales

- **Base granular**

1. Protección de la base

- A. Antes de ser depositada la base granular es necesario disponer un plástico y descargar la base sobre éste, ya que el terreno puede capturar agua y modificar la humedad del material.
- B. La base granular debe protegerse con un plástico que cubra toda su superficie de forma que la lluvia no pueda tener efecto sobre ésta.
- C. Se debe verificar que el material quede bien protegido antes de terminar la jornada.

2. Acopio de la base

- A. La base no puede ser descargada en cualquier punto, se debe planificar con antelación cual será la zona de acopio para el material, teniendo en cuenta las distancias de acarreo y que no represente un obstáculo para el paso.
- B. Se recomienda que la hacer un descargue controlado del material, ya que si se descarga todo a la vez se esparce en área mayor genera reprocesos y pérdidas en el material.

3. Base contaminada

- A. No se debe permitir que la base entre en contacto con otros materiales, para esto hay que respetar unas distancias prudentes al momento de su descargue, teniendo en cuenta que esta se dispersa al ser descargada por la volqueta.
- B. Se debe evitar hacer acopios de escombros o material de excavación cerca al punto donde se en cuenta la base.

- **Concreto**

1. Error en la cubicación

- A. Antes de hacer el pedido del concreto se debe verificar correctamente las dimensiones del andén, especialmente su espesor y su sección transversal, ya

que en suelen haber elementos como M.H, cajas eléctricas o de acueducto, postes que disminuyen la sección transversal en algunos puntos.

- B. Se aconseja hacer un cálculo discriminado de todas las áreas que serán ocupadas por concreto y verificar el espesor de cada una.
- C. No es recomendable usar una medida rápida usando las dimensiones teóricas del andén.

- **Adoquines**

- 1. **Acopio adoquines**

- A. Los adoquines deben acopiarse en puntos cercanos al lugar de instalación, que sean fácilmente accesibles.
- B. En el momento del descargue o transporte, se debe tener cuidado de que no se golpeen ya que sus puntas son frágiles.
- C. Deben acopiarse en pilas a baja altura, evitando la esbeltez del conjunto para no propiciar que se caigan fácilmente.
- D. Los adoquines se deberán proteger de mezclas de concreto, cemento, marcas de acero y cualquier agente externo.

- 2. **Uso inadecuado de los adoquines:**

- A. Se debe evitar mover los adoquines de su zona de acopio, excepto al momento de ser instalados.

10 Conclusiones

- Es muy común que los constructores usen en sus presupuestos, porcentajes de desperdicios que están por debajo de los reales, con el fin de ser más competitivos al momento de licitar un contrato. Sin embargo, esto puede tener repercusiones económicas durante la ejecución del contrato.
- El porcentaje de desperdicio es un dato particular para cada empresa, no es posible estandarizar un dato que funcione para todos ya que este depende de diversas variables como; la actividad que se va a realizar, el material que se va a manipular, la experiencia del constructor en dicha actividad, las capacidades del personal profesional y no profesional.
- Es de vital importancia que cada contratista estime su propio porcentaje de desperdicio teniendo en cuenta su experiencia. No es recomendable para la rentabilidad de un proyecto, basarse netamente en porcentajes de desperdicio de otras empresas.

- Se hace evidente la necesidad para los constructores de llevar un estricto monitoreo de los desperdicios, que les ayude a tomar medidas de control como, mejoras en los procesos constructivos, administración y programación de obra.
- Existen diferentes beneficios económicos al reducir los desperdicios en las obras ya que se puede ahorrar los costos asociados al aseo a la disposición final de los residuos generados a raíz de estos desperdicios en los materiales y mano de obra empleados en estas labores.
- Como se pudo observar, en muchos casos las causas por las cuales se generan desperdicio de materiales no responde a problemas complejos de difícil solución, sino más bien a descuidos en actividades básicas, por subestimar el impacto de estas en el aumento del desperdicio.
- Es imprescindible identificar y corregir las prácticas nocivas que general desperdicio sin haber conseguido un porcentaje de ejecución de obra importante, ya que el impacto económico va aumenta y puede ser más difícil de corregir con el tiempo

11 Referencias bibliográficas

Benjamín Barney Caldas (2012) Columnistas: la importancia de los andenes. Caliescribe.com recuperado de <http://caliescribe.com/es/columnistas/2012/01/28/1966-importancia-andenes>

García, B. (15 de agosto, 2018). El Poblado tendrá una nueva red caminera: Medellín cuenta de primera fuente recuperado de <https://www.medellincuenta.com/?NavigationTarget=navurl://4d66b2f07a238e92ab0cd1518362ef6a>

Alcaldía de Medellín. (2018). Manual de espacio público. Recuperado de <https://www.medellin.gov.co>

Juan Diego Ortiz Jiménez (2018). así intervendrán el alto déficit de andenes en el poblado. EL COLOMBIANO recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/construccion-de-redes-peatonales-en-el-poblado-CH9238172>

CEMENTOS ARGOS S.A. (s.f). Productos. Concreto. Argos. Recuperado de <https://argos.co/Productos/Concreto>

Juan David Osorio. (2013). Tecnología del concreto. Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. 360 en concreto Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>

Zapata ingenieros. (s.f). Productos. Base y subbase granular. Zapata ingenieros Recuperado de <http://www.zapataingenieros.com/base-y-sub-base-granular/>

Mintransporte. (s.f). Glosario. Mintransporte Recuperado de <https://www.mintransporte.gov.co/glosario/a/>

Marco Paulo Galarza Meza (2011). Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control. PUCP. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/888>

PoncE, (2012) Prefabricadas. Productos. adoquín Bolonia. PoncE. Recuperado de <http://www.prefabricadosponce.es/adoquin-bolonia.php>

InduralS.A. (s.f). Adoquines, gramoquines y losetas. Recuperado de <http://www.indural.com/sitioweb/productoscategoria/adoquinesgramoquinesylosetas/>

DeArquitectura. (s.f). Que son los adoquines y como usarlos. DeArquitectura. Recuperado de <http://dearquitectura.blogspot.com/2012/07/que-son-los-adoquines-y-como.html>

DNP & Mintransporte. (2017). Proyectos tipo. pavimento. Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tráfico. Recuperado de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>

Dal-Ré.R . (2001). *Caminos rurales*. Pag 126. Recuperado de: [https://books.google.com.co/books?id=5agSAQAAQBAJ&pg=PA126&lpg=PA126&dq=Relaci%C3%B3n+entre+volumen+suelto+\(camiones+o+montones\)+y+compactado&source=bl&ots=p8rjC&sig=ACfU3U2GUZp4DpJQALbk9DuRyTRTRFVpmw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiM yNyc2-fiAhWytIkKHUTbBI0Q6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q=Relaci%C3%B3n%20entre%20volumen%20suelto%20\(camiones%20o%20montones\)%20y%20compactado&f=false](https://books.google.com.co/books?id=5agSAQAAQBAJ&pg=PA126&lpg=PA126&dq=Relaci%C3%B3n+entre+volumen+suelto+(camiones+o+montones)+y+compactado&source=bl&ots=p8rjC&sig=ACfU3U2GUZp4DpJQALbk9DuRyTRTRFVpmw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiM yNyc2-fiAhWytIkKHUTbBI0Q6AEwAXoECAgQAQ#v=onepage&q=Relaci%C3%B3n%20entre%20volumen%20suelto%20(camiones%20o%20montones)%20y%20compactado&f=false)

Lucio soibelman. (s.f). imcyc. Desperdicios. Desperdicio vs el control de los materiales. Recuperado de <http://www.imcyc.com/cyt/septiembre03/desperdicios.htm>