

# Utilización de Aluvión en Revoque Tradicional

Rolando Duran CC 79.993.751

Juan Carlos Restrepo Echeverri CC 79.645.253

Mayo 29 de 2018

Universidad la Gran Colombia.

Facultad de Arquitectura.

Proyecto de Grado

## **Tabla de Contenidos**

ii

Resumen.....	1
Introducción .....	2
Planteamiento del Problema .....	5
Identificación .....	6
Formulación .....	6
Delimitación.....	8
Justificación .....	9
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Marco Teórico.....	11
Metodología .....	15
Pruebas y Resultados de Laboratorio.....	16
Granulometría .....	16
Masa Unitaria Suelta.....	18
Resistencia .....	20
Anexos .....	24
Bibliografía .....	24

## **Tabla de Graficas**

Gráfica 1 Disposición final barrido de calles.....	4
Gráfica 2 Dosificación propuesta para mortero de revoque tradicional .....	7
Gráfica 3 Demografía Bogotá del año 1951 al año 2020.....	12
Gráfica 4 Resultados proceso de tamizado del material seleccionado 1360 g .....	17
Gráfica 5 Resultados prueba determinación de la masa unitaria .....	19

## **Tabla Estadísticas**

Tabla 1 Pesos y porcentajes material tamizado. ....	17
Tabla 2 Resultados prueba determinación de la masa unitaria .....	18
Tabla 3 Dosificación para seis (6) cubos, 50% aluvión 50% arena.....	21
Tabla 4 Determinación de la resistencia a la compresión.....	23

## **Tabla de Ilustraciones**

Ilustración 1 Riesgos de la minería en Bogotá (Molanbo, 2015) .....	6
Ilustración 2 Esquema revoque tradicional.....	6
Ilustración 3 Puntos de referencia de toma de muestras aluvión.....	15

## Tabla de Fotografías

iii

Fotografía 1 Operación manual de barrio de calles .....	4
Fotografía 2 Aluvion o arenilla ubicada en los bordillos de las vías .....	9
Fotografía 3 Daño causado por explotación minera Bogotá, cerros orientales calle 153 .....	13
Fotografía 4 Selección y cuarteo del material debidamente pasado por horno durante 24 horas. 16	
Fotografía 5 Pesaje y tamizado del material seleccionado .....	16
Fotografía 6 Pesos de molde + material de aluvión, Masa Unitaria Suelta .....	19
Fotografía 7 Pesos de molde + material de aluvión, Masa Compactada, Masa Vibrada.....	20
Fotografía 8 Pesos aluvión y arena .....	21
Fotografía 9 Peso cemento tipo I, Materiales para elaboración de seis (6) cubos .....	21
Fotografía 10 Fundida Cubos.....	22
Fotografía 11 Cubos desencofrados y puestos en ensayo .....	22
Fotografía 12 Resultados obtenidos ensayo de dos (2) cubos. ....	23

## Resumen

La extracción minera legal e ilegal de canteras, se concentra en la ciudad de Bogotá específicamente en los cerros orientales (canteras de Usaquén), suroccidentales (canteras Ciudad Bolívar), y en algunos cerros de suba exceptuando el cerro de la conejera, donde con métodos anti técnicos se obtienen agregados pétreos como arenas, triturados, gravas y materias primas para abastecer la demanda y necesidades de las obras civiles, esto ha causado en las últimas décadas, un daño irreparable en el medio ambiente y un deterioro al sistema orográfico, creando aumento en los niveles de erosión y zonas de alto riesgo. (ALVARO, 1994)

Todo esto ha afectado notoriamente las condiciones ambientales, ya que, por causa del uso indiscriminado de agregados en algunos procesos de la construcción, a los cuales no se les ha buscado un material de reemplazo amigable con el medio ambiente y por el contrario son de uso masivo. Uno de estos agregados es la arena de peña, esta es utilizada como se encuentra en la naturaleza en diversos procesos constructivos, pero con mayor frecuencia y porcentaje en la dosificación de preparaciones de morteros de pegue y morteros de revoques tradicionales. La procedencia de los materiales usados en construcción, su calidad y cumplimiento de las normas establecidas para la extracción, son de suma importancia para evitar que se continúe con la indiscriminada y perjudicial extracción sin control.

## Introducción

En Colombia están emergiendo nuevas formas de reciclaje de materiales de construcción, denominado minería urbana, la cual consiste en reutilizar y transformar materiales producto de la demolición de edificaciones RCD, dándoles nuevo uso, como material prefabricado, material eco-granulares (arenas, mixtos, bases granulares y sub bases granulares), estos cumpliendo con las normas IDU (Cuervo, 2008). Partiendo de esta idea, se planteó una investigación de cómo dar un uso al aluvión o arenilla producto del barrido de calles y vías públicas de la ciudad de Bogotá, el cual genera un impacto negativo en el medio ambiente.

En la actualidad el servicio público de aseo de la ciudad de Bogotá, está siendo atendido dentro del componente recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos. Los cuales, a su vez genera un impacto ambiental negativo, de tal manera que es de suma importancia la implementación de planes estratégicos que ayuden a mitigar dicho impacto de forma eficiente e integral, considerando los aspectos socioeconómicos, culturales, locales y geográficos de la ciudad.

La entidad Nacional responsable del manejo de residuos sólidos, no cuenta con ningún plan de manejo del producto del barrido de calles y vías de la ciudad, lo que da una oportunidad para que se adelante un estudio como proyecto de grado. Esto en vista de los aspectos vistos en clase de sostenibilidad y energías alternativas, e impacto ambiental, dicho estudio corresponde al aluvión o arenilla producto del barrido de calles, donde este

sea un componente del revoque o pañete tradicional, que reemplazaría en la dosificación, en un alto porcentaje a la arena de peña utilizada.

Partiendo de un enfoque sostenible, en la realización de estudios de materiales granulares, es necesario, evaluar diferentes aspectos medioambientales, socioeconómicos, ciclos de vida, extracción, producción, distribución y utilización, huella ecológica, para así, determinar y comparar hasta donde dicho material presenta un bajo porcentaje de contaminación y afectación al medio ambiente. De tal manera, que se pueda cuantificar los impactos y beneficios. De esta manera establecer el proceso más sostenible para el desarrollo de la reutilización de dicho recurso.

Estadísticas tomadas desde el año 2009 hasta el año 2016 de recolección de residuos sólidos producto del barrido de calles, arrojan la cifra de 325.065 toneladas / Día dispuestas en relleno sanitario “Doña Juana”, estas toneladas son producto de la labor de barrido de las calles, las cuales son realizadas por operarios de las empresas de aseo, distribuidos por las diferentes localidades de la ciudad, cada localidad esta micro zonificada y georreferenciada para la labor de barrido (UAESP, 2015).



*Fotografía 1 Operación manual de barrido de calles*

*Fotos tomadas por los autores de la investigación.*



*Gráfica 1 Disposición final barrido de calles*

*Grafica elaborada por los autores de la investigación*

Caracterizar el aluvión o arenilla producto del barrido de calles y vías de la ciudad, objeto de estudio, podrían determinar que su utilización en gran proporción en procesos constructivos, sería un paso inicial fundamental, en la creación de un plan de manejo de residuos sólidos de esta naturaleza, ya que al evidenciar los residuos provenientes o producto de desplazamiento de vehículos, escorrentías, acción del viento, se pueden aprovechar e incorporar a la cadena en la dosificación de un revoque tradicional.

### Planteamiento del Problema

El uso indiscriminado de la arena de peña en obras de construcción, causa afectaciones ambientales en el suelo, aire, agua, esto por la alteración que sufre la capa vegetal del terreno, de igual modo por el material particulado se genera contaminación de la atmósfera. La flora y fauna del lugar objeto de extracción minera se ve gravemente afectado por dicha labor, en consecuencia, se plantea el reemplazo de la arena de peña por arenilla producto del barrido de calle en un alto porcentaje, al cual, en la actualidad no se le está dando ningún uso. Dicho reemplazo debe cumplir con estándares de calidad exigidos por la normatividad vigente.

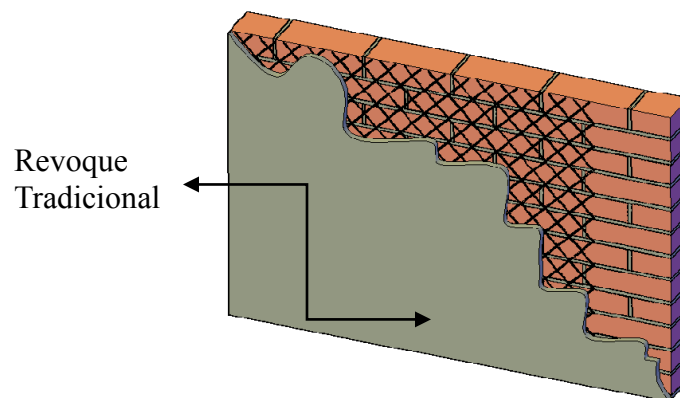




*Ilustración 1 Riesgos de la minería en Bogotá (Molanbo, 2015)*

### Identificación

Con la utilización del aluvión o arenilla producto del barrido de calles, en el diseño de un revoque tradicional, donde la participación de dicho componente en la dosificación sea alta. Con esto se daría una minimización en la extracción en canteras de la arena de peña, y por el contrario se daría un valor agregado a un material que en la actualidad no cuenta con ningún plan estratégico uso y manejo.



*Ilustración 2 Esquema revoque tradicional*

*Ilustración elaborada por los autores de la investigación*

### Formulación

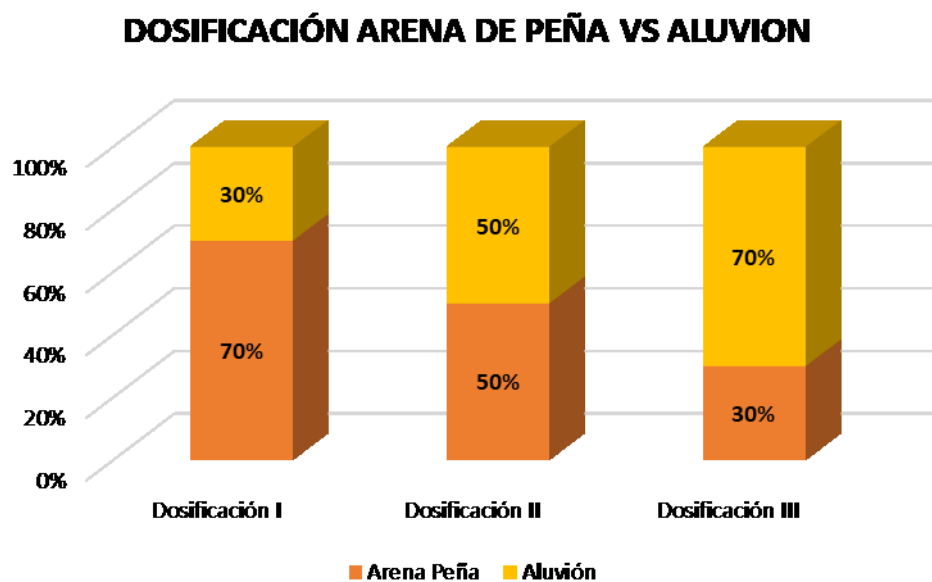
La resistencia en el revoque tradicional donde el porcentaje de su composición, corresponda en su mayoría a aluvión en diferentes dosificaciones, reemplazando la arena de peña por el aluvión. Comparando la dosificación del revoque tradicional contra tres (3) dosificaciones diferentes:

30% aluvión + 70% arena de peña

50% aluvión + 50% arena de peña

70% aluvión + 30% arena de peña

Dichas comparaciones se tendrán en cuenta partiendo de los mínimos permitidos en las normas.



Gráfica 2 Dosificación propuesta para mortero de revoque tradicional

*Grafica elaborada por los autores de la investigación*

### Delimitación

El aluvi3n o arenilla corresponde a la ciudad de Bogot3, se seleccionaron tres (3) puntos de recolecci3n de material para ser analizado bajo laboratorio, los cuales se evidencio la presencia de aluvi3n en los bordillos de la v3a en cantidades abundantes. Tomando la avenida Ciudad de Cali como referente, por su ubicaci3n geogr3fica, transito, conectividad con el sur, centro y norte de la ciudad, su diversidad socioecon3mica, presencia de industria, vivienda a lo largo de su recorrido, atravesando las localidades de Bosa, Kennedy, Fontib3n, Engativ3. Las muestras de material se recolectaron: sur, calle 46 sur frente al portal Am3ricas, centro, calle 12B frente al frigor3fico San Martin, norte, calle 146 costado norte-oriental del humedal Juan Amarillo. Teniendo en cuenta que una de las pruebas requiere la fundici3n de 9 cubos de 2", para posteriormente ponerlos a falla a diferentes tiempos de curado, solo se tomaron tres (3) lugares de recolecci3n del material a lo largo de aproximadamente 15 Km,

Con los resultados obtenidos de las diferentes pruebas de laboratorio, granulometr3a, resistencia y masa unitaria suelta, se llegará a la definici3n de cual dosificaci3n es la que más se acerca a los par3metros m3nimos y m3ximos establecidos en la norma, su relaci3n de comportamiento, su especificaci3n t3cnica.



*Fotografía 2 Aluvión o arenilla ubicada en los bordillos de las vías*  
*Fotos tomas por los autores de la investigación.*

### Justificación

La idea de este proyecto nace de la necesidad de dar un uso y vinculación al aluvión o arenilla que tendrá una participación alta en la creación de un revoque tradicional, se genera la utilización de un material que en la actualidad no cuenta con ningún plan de manejo de residuos sólidos, y por el contrario está siendo barrido, transportado y enterrado en el relleno sanitario.

De igual modo se minimiza el impacto ambiental generado por la minera de agregados, como es el caso de la arena de peña, la cual, en la actualidad esta presente en la mayoría de procesos constructivos de todas las obras de construcción, donde se requiere de revoque tradicional. Intercambiando así, el concepto de minería en canteras por minería urbana.

### Objetivo General

Sustituir la arena de peña en morteros de revoque tradicional por el aluvión o arenilla producto del barrio de calles, donde dicho mortero cumpla con las normas establecidas, teniendo este un bajo impacto ambiental y sostenible.

### Objetivos Específicos

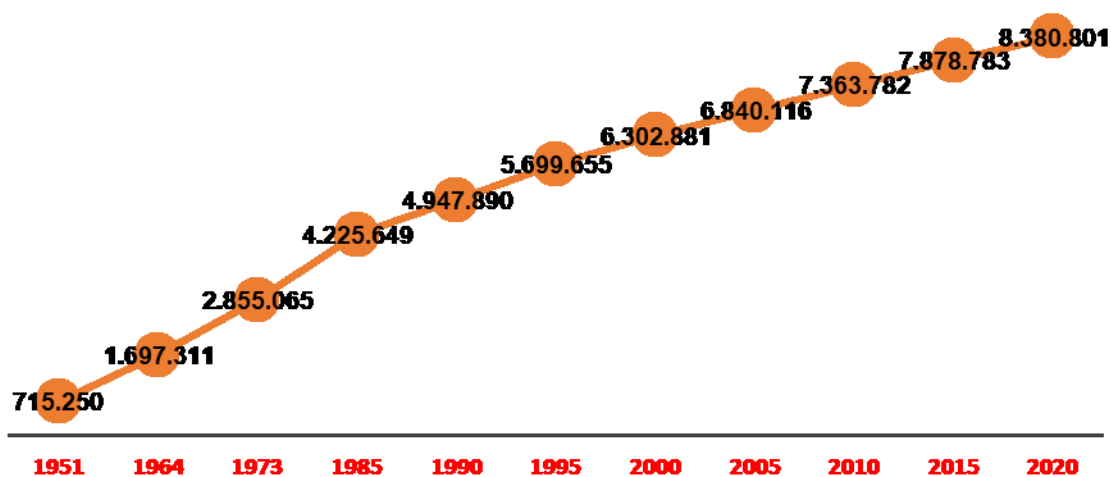
- Reemplazar los componentes o materiales en la dosificación del revoque tradicional.
- Crear un mortero de revoque tradicional con la participación del aluvión en un alto porcentaje.
- Analizar y comparar los componentes químicos del aluvión

### Marco Teórico

Desde la década de los años 50, Bogotá ha aumentado significativamente su población comparado con la población residente en Cundinamarca, para 1951 Cundinamarca superaba a Bogotá en más de 190.000 habitantes, a partir de ese año, la estadística muestra un cambio en los valores, 10 años después Bogotá sobrepasa el crecimiento demográfico en 500.000 habitantes más que Cundinamarca.

Según la tendencia de crecimiento poblacional para el año 2020, Bogotá tendrá un incremento en su población cercano al 24 % y Cundinamarca del 19% respectivamente. Del mismo modo al crecimiento demográfico de Bogotá se le suma la urbanización legal e ilegal o por invasiones de terrenos que antes eran utilizados como bosques, pastoreo y cultivos, con este aumento poblacional en los diferentes estratos socioeconómicos conlleva a una extracción minera desmedida de materiales para la construcción, tanto en volumen como en cantidad, sin tener en cuenta los impactos negativos ambientales causados.

## Demografía Bogotá Desde el año 1951 hasta el año 2020



Gráfica 3 Demografía Bogotá del año 1951 al año 2020

*Grafica elaborada por los autores de la investigación*

Aproximadamente en Bogotá existen 30 canteras de extracción de agregados pétreos ubicadas en la periferia de la ciudad, en los cerros nororientales (Usaquén), cerros sur occidentales (Ciudad Bolívar), noroccidental (cerros de Suba), la explotación de estos materiales se ha dado sin la planeación y coordinación de las entidades ambientales, se han utilizado métodos anti técnicos, lo que ha generado un daño en el sistema orográfico, causando que la erosión en el medio ambiente aumente significativamente, entre otros daños ambientales encontramos pérdida de agua, transporte de material particulado a las fuentes hídricas, inundaciones, uso inadecuado del suelo.



*Fotografía 3 Daño causado por explotación minera Bogotá, cerros orientales calle 153*

En la actualidad existen empresas dedicadas a la reutilización de materiales de construcción, minería urbana. Dicha minería se enfoca la selección, recolección y transformación de residuos sólidos producto de demolición, concreto simple, concreto armado, mamposterías, con estos, generan nuevos materiales para la construcción, adoquines, concretos no estructurales, agregados gruesos y finos (Cuervo, 2008).

En el proceso de caracterización físico – químico del aluvión, se realizó teniendo en cuenta las normas vigentes que determinan los componentes y propiedades que deben cumplir los materiales usados en la construcción, para este estudio, por ser el aluvión un material arenoso y presentado en forma de polvo, se tiene como referente las normas que

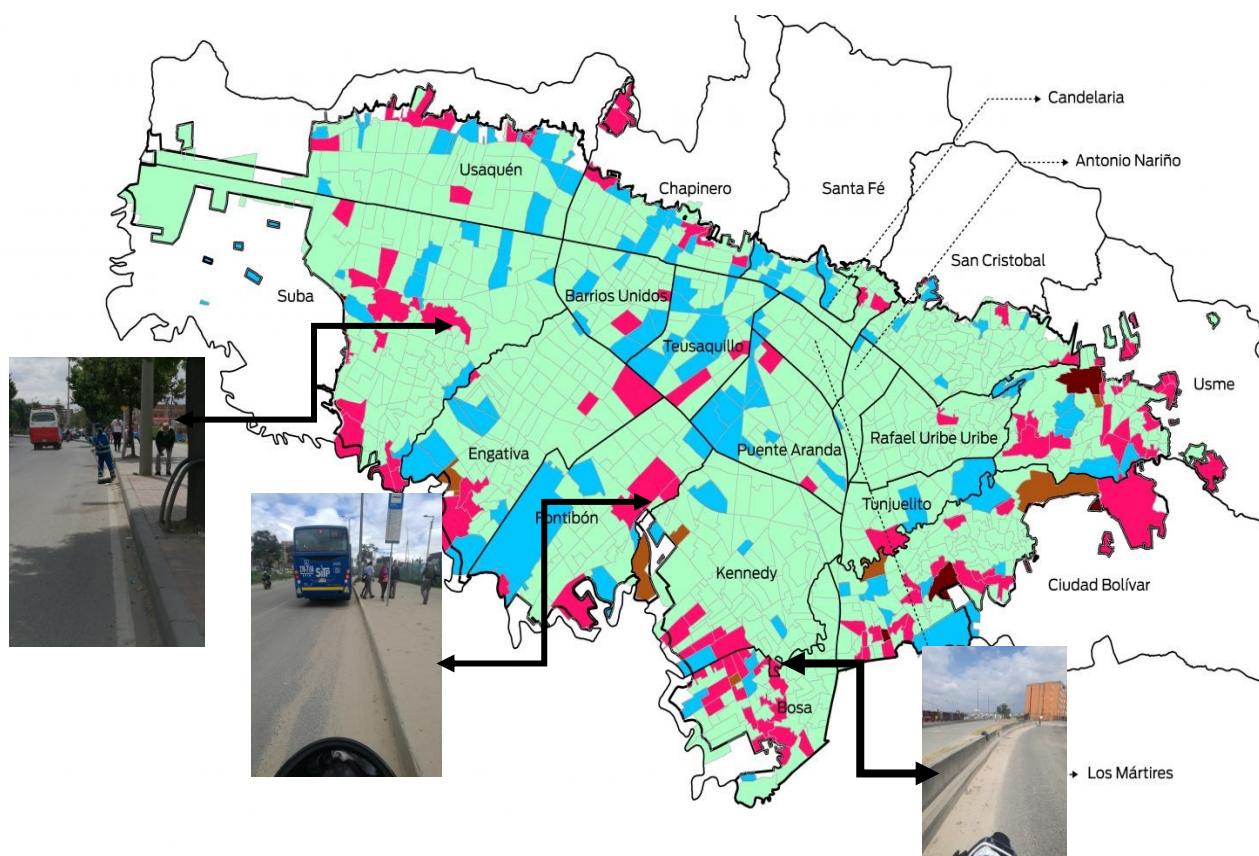


regulan los morteros de pegue y revoque. Se llevó a cabo una evaluación comparativa de resistencia, granulometría y masa unitaria suelta, con el fin de obtener una dosificación que cumpla con los mínimos exigidos en la norma. Este trabajo es la base de un sin número de estudios, que no solo ayudan a mitigar el impacto ambiental que genera la extracción de una cantera, sino que también, vincula de manera directa el aluvi3n en diversos usos y/o incorporaciones en la construcci3n. Con esto se genera un desarrollo sostenible, protecci3n y preservaci3n del medio ambiente.

Para el caso del aluvi3n, en la actualidad no se ha profundizado en la investigaci3n de como vincular el aluvi3n o arenilla en los procesos constructivos donde se requiera la utilizaci3n de morteros de pega o revoques.

### Metodología

La metodología se basó en la recolección de muestras de aluvión en situ en tres (3) puntos de la avenida Ciudad de Cali de la ciudad de Bogotá, distribuidos en sur, centro y norte de la misma. El muestreo arrojó caracterización del aluvión por zonas, las muestras recolectadas serán llevadas al laboratorio, en el cual, se llevó a cabo pruebas de granulometría, resistencia, masas unitarias sueltas y así, determinar cuál es la dosificación que cumple con los estándares establecidos en las normas vigentes.



*Ilustración 3 Puntos de referencia de toma de muestras aluvión.*

<https://www.ideca.gov.co/es/como-crecio-bogota>

## Pruebas y Resultados de Laboratorio

### Granulometría

Con el proceso de tamizado se pretende establecer la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos<sup>1</sup>.



*Fotografía 4 Selección y cuarteo del material debidamente pasado por horno durante 24 horas*

*Fotos tomadas por los autores de la investigación.*



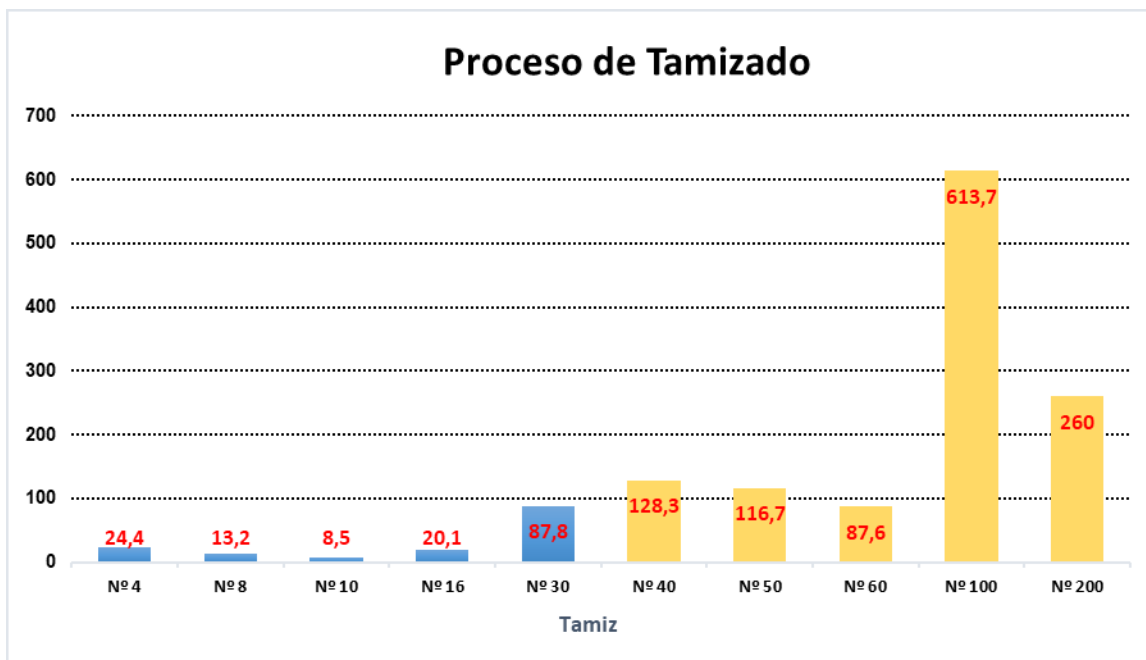
*Fotografía 5 Pesaje y tamizado del material seleccionado*

*Fotos tomadas por los autores de la investigación.*

---

<sup>1</sup> NTC 77, Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos, 1994

Para la prueba de granulometría, se utilizaron diferentes números de tamices a saber: N°4, N°8, N° 10, N° 16, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 100, N° 200, por los cuales se realizó el proceso de tamizado de 1.360 g, arrojando los siguientes resultados:



*Gráfica 4 Resultados proceso de tamizado del material seleccionado 1360 g  
Gráfica elaborada por los autores de esta investigación.*

Tamiz	Peso	Porcentaje
N° 4	24,4	2%
N° 8	13,2	1%
N° 10	8,5	1%
N° 16	20,1	1%
N° 30	87,8	6%
N° 40	128,3	9%
N° 50	116,7	9%
N° 60	87,6	6%
N° 100	613,7	45%
N° 200	260	19%
<b>Total</b>	<b>1360,3</b>	<b>100%</b>

*Tabla 1 Pesos y porcentajes material tamizado.  
Tabla elaborada por los autores de la investigación*

De la prueba de granulometría se concluye que entre el tamiz N° 40 al tamiz N° 100, hay un porcentaje de 70% y un peso de 946,3 g, del total de la muestra seleccionada, lo que indica que la arenilla o Aluvion está dentro de los parámetros para ser utilizada en el revoque tradicional por su componente granulométrico.

### Masa Unitaria Suelta

Se realizó pruebas de laboratorio con el objetivo de conocer los vacíos entre las partículas de la masa unitaria suelta, compactada<sup>2</sup>, y vibrada entre partículas de agregados, con esta prueba se determina la densidad del material (aluvión), en tres escenarios, masa suelta, masa vibrada, masa compactada.

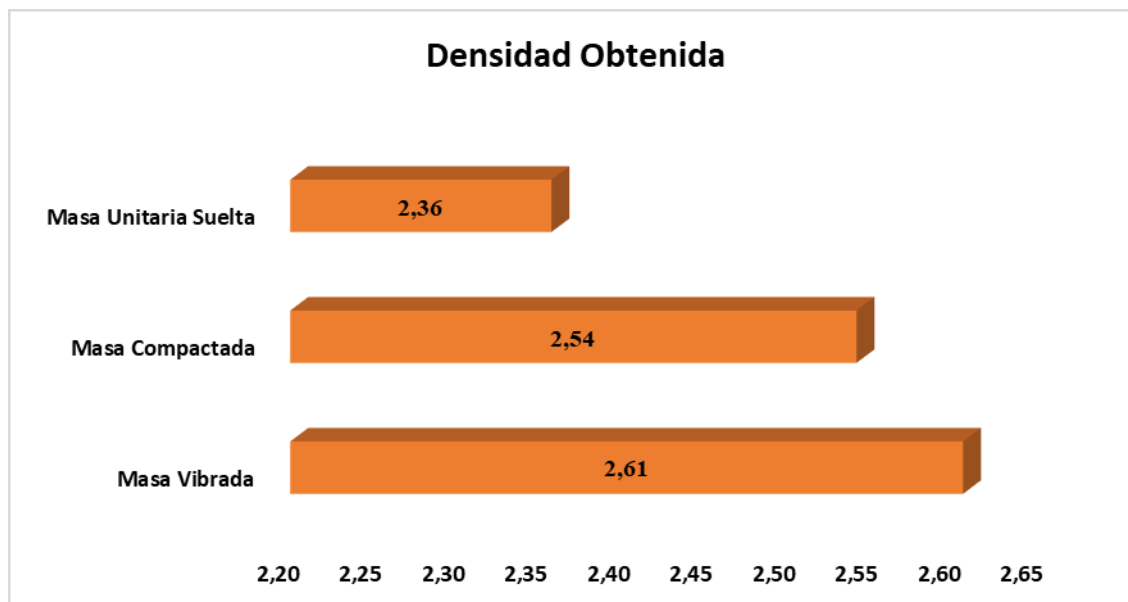
PRUEBA	Vol Molde / cm <sup>3</sup>	Peso Material y Molde / Kg	Densidad Kg/vol	Peso Molde / kg
<b>Masa Unitaria Suelta</b>	2.812	6.630	<b>2,36</b>	2.556
<b>Masa Compactada</b>	2.812	7.148	<b>2,54</b>	2.556
<b>Masa Vibrada</b>	2.812	7.329	<b>2,61</b>	2.556

Tabla 2 Resultados prueba determinación de la masa unitaria

*Tabla elaborada por los autores de la investigación*

---

<sup>2</sup> Norma Técnica Colombiana NTC 92, determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados



*Gráfica 5 Resultados prueba determinación de la masa unitaria*

*Grafica elaborada por los autores de la investigación*



*Fotografía 6 Pesos de molde + material de aluvión, Masa Unitaria Suelta*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*





Fotografía 7 Pesos de molde + material de aluvión, Masa Compactada, Masa Vibrada

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*

### Resistencia

Con esta prueba de laboratorio, se pretende establecer y determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico y otros morteros (Colombia, 2007).

De acuerdo a lo especificado en la norma INV – E 323 – 2007, se adelantó pruebas de resistencia de cubos de 50mm, los cuales fueron fundidos en laboratorio de acuerdo a especificaciones técnicas, como la dosificación para 6 cubos, la cual corresponde a 1 parte de cemento tipo 1, y 2.75 partes de arena de sílice, cantidad de agua fue de 242 ml. Para esta mezcla, a lo que corresponde a la arena se realizó una dosificación de 50% aluvión y 50% arena de sílice, de acuerdo a esto para fundir seis (6) cubos la dosificación fue la siguiente.

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento (g)	500
Arena Sílice (g)	687,5
aluvión (g)	687,5
Agua (ml)	242

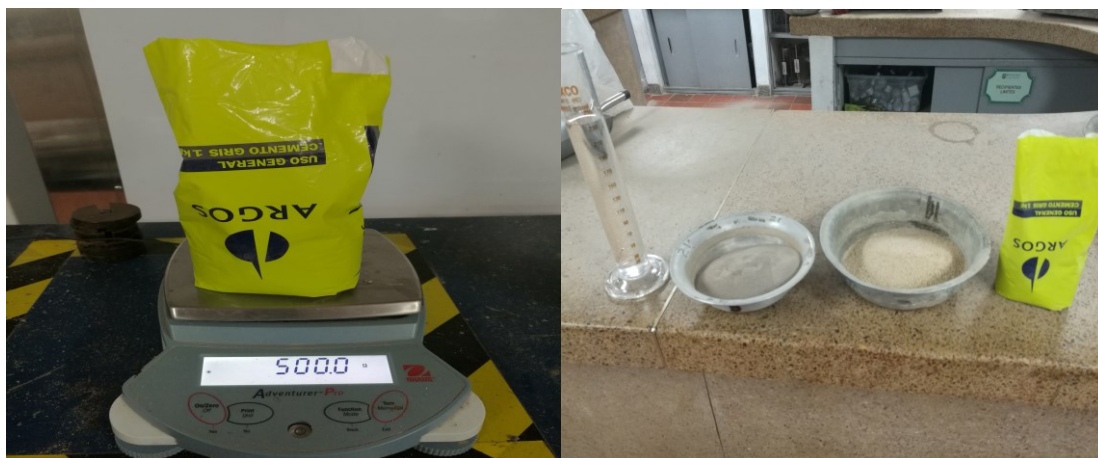
*Tabla 3 Dosificación para seis (6) cubos, 50% aluvión 50% arena*

*Tabla elaborada por los autores de la investigación*



*Fotografía 8 Pesos aluvión y arena*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*



*Fotografía 9 Peso cemento tipo I, Materiales para elaboración de seis (6) cubos*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*



Los cubos se fundieron el día lunes 30 de abril de 2018, en laboratorio Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil.



*Fotografía 10 Fundida Cubos*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*



*Fotografía 11 Cubos desencofrados y puestos en ensayo*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*



*Fotografía 12 Resultados obtenidos ensayo de dos (2) cubos.*

*Fotografía tomada por los autores de la investigación*

Los resultados obtenidos de los ensayos, dieron los siguientes resultados:

		<b>kN</b>	<b>Kgf</b>	<b>lbf</b>
<b>3 DIAS DE EDAD</b>	<b>CUBO Nº 1</b>	18,77	76,56	1054,92
	<b>CUBO Nº 2</b>	15,43	62,94	867,20
<b>7 DIAS DE EDAD</b>	<b>CUBO Nº 3</b>	15,66	63,88	880,13
	<b>CUBO Nº 4</b>	15,38	62,73	864,39
<b>28 DIAS DE EDAD</b>	<b>CUBO Nº 5</b>	38,52	157,12	2164,91
	<b>CUBO Nº 6</b>	36,15	147,45	2031,71

*Tabla 4 Determinación de la resistencia a la compresión*

*Tabla elaborada por los autores de la investigación*

## Anexos

Protocolo de adopción y adaptación de nuevos materiales para la infraestructura urbana, IDU

### Bibliografía

- ALVARO, C. A. (1994). *Situación Actual de la Explotación de Canteras en El Distrito Capital*. Bogotá.
- Colombia, I. N. (15 de Agosto de 2007). Norma I.N.V - 323 - 07. *Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico*. Bogotá.
- Cuervo, C. A. (FEBRERO de 2008). Socio fundador en ECOSTONE DE COLOMBIA SAS. *Diseñador del proyecto de reciclaje de escombros de construcción y demolición*. . BOGOTA.
- Molanbo, A. (27 de julio de 2015). Los riesgos de la ineria en Bogot'a. Bogota: El diario Bogotano.
- UAESP. (18 de 12 de 2015). PGIRS. *plan integral de residuos solidos 2016 - 2027*. BOGOTA.

<https://www.eldiariobogotano.com/los-riesgos-de-la-mineria-en-bogota/>