

“DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA
CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADOS DE ESCAMAS DE PLÁSTICO
RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN”



Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Ingeniería de la Construcción
Metodología: Profundización

Proponentes

Arq. JOHN HARMAN PEÑA PÁEZ

Arq. EDILSON NARVAEZ GUERRERO

Director Académico

Ing. ALEJANDRO SALAZAR

Codirector

Ing. HENRY MAURICIO MUÑOZ TROCHEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCION

Popayán, febrero de 2023



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos concedido unas familias extraordinarias, quienes han creído y confiado en nosotros siempre, dándonos el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándonos a valorar lo que se tiene. A ellos dedicamos el presente trabajo, porque han fomentado en nosotros, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de ese logro. Esperamos contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Agradecimientos especiales al director del Proyecto de Grado, el Ingeniero Alejandro Salazar (Q.E.P.D.) por su asesoría y direccionamiento; esta investigación está dedicada a su memoria. Al Codirector del proyecto, el Ingeniero Henry Mauricio Muñoz Trochez por su asesoría y colaboración constante para culminar este trabajo.

Al Centro de Teleinformática y Producción Industrial (CTPI) del SENA, Regional Popayán, por facilitar sus instalaciones, recursos humanos y materiales para la realización de una parte de esta investigación.

A la estudiante del programa de Geotecnología de la Universidad del Cauca, Laura Isabel Anacona Pistala, por su invaluable colaboración y apoyo técnico en la fase de caracterización del proyecto, y a todas y cada una de las personas que contribuyeron a la consecución del presente trabajo.

Gracias.



NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los Jurados han evaluado este documento titulado: “Diseño de mobiliario urbano ecológico basado en el sistema constructivo en concreto con agregados de escamas de plástico reciclado PET en la ciudad de Popayán”. Escuchando la sustentación del mismo por su autor la encuentran satisfactoria.

Codirector: Henry Mauricio Muñoz Trochez

Jurado: Carol Patricia López

Jurado: Gerardo Rivera

Popayán, Marzo de 2024

**TABLA DE CONTENIDO**

1	INTRODUCCION	1
1.1	Antecedentes	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3	JUSTIFICACIÓN	5
3.1	Justificación académica para la Universidad del Cauca.....	6
4	ESTADO DEL ARTE	7
4.1	Marco Histórico	7
4.2	MARCO REFERENCIAL	9
4.2.1	Caso 1. Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales. SILVESTRE, (2015.).....	9
4.2.2	Caso 2. Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y Polipropileno (PP). (García, 2018).	10
4.2.3	Caso 3. Diseño de mobiliario urbano.....	12
5	OBJETIVOS	17
5.1	Objetivo General	17
5.2	Objetivos Específicos.....	17
6	METODOLOGÍA.....	18
6.1	Tipo de Investigación.....	18
6.2	Nivel de Investigación	18
7	DESARROLLO	19
7.1	Revisión Bibliográfica	19
7.2	Procedencia Y Obtención De Los Agregados	19
7.2.1	Plástico PET.....	19
7.2.2	Agregado Grueso – Cantera: Agregados Puracé SAS	29
7.2.3	Agregado Fino - Arena de puerto.	31
7.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	32
7.3.1	Análisis Granulométrico Por Tamizado De Los Agregados	32



7.3.2	Análisis Granulométrico Por Tamizado Del Agregado Fino – Arena	33
7.3.3	Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso – grava de 1”	37
7.3.4	Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso - escamas de plástico reciclado PET.	42
7.4	RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	44
7.4.1	RESULTADOS AGREGADO GRUESO	44
7.4.2	AGREGADO FINO.....	45
7.4.3	AGREGADO PLASTICO P.E.T.....	46
7.5	DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL PARA 1 M ³	46
7.5.1	Paso 1. Selección del Asentamiento SLUMP.	46
7.5.2	Paso 2. Estimación de agua.....	47
7.5.3	Paso 3. Cálculo de la Relación Agua-Cemento A/C (Por Resistencia F'cr).....	48
7.5.4	Paso 4. Contenido de cemento para concreto convencional	48
7.5.5	Paso 5. Determinación Porcentaje de Agregados.....	49
7.5.6	Paso 6. Cálculo de la Masa de los agregados, para 1 m ³ de concreto convencional.	52
7.5.7	Paso 7. Calculo Humedad (% w) de los agregados Finos y Gruesos	53
7.5.8	Paso 8. Porcentaje de Absorción (% ABS) de los agregados finos y gruesos.....	54
7.5.9	Paso 9. Corrección por humedad y absorción de la mezcla para 1 m ³ de Concreto.....	55
7.5.10	Paso 10. Cálculo del Agua efectiva para 1 m ³ de Concreto.....	56
7.6	DISEÑO DE CONCRETO NO CONVENCIONAL CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET AL 5% Y 7% PARA ENSAYOS A LA COMPRESIÓN.	57
7.6.1	Materiales para diseño de mezcla de concreto (Reemplazo parcial de AG con 5% y 7% de PET)	58
7.7	DISEÑO DE CONCRETO PARA ENSAYOS A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR HENDIMIENTO A LOS 28 DIAS.....	59
7.7.1	Prueba 1. Cantidades de materiales para concreto hidráulico convencional (Muestra Patrón) para Ensayos a Tracción Indirecta.	59
7.8	RESULTADOS DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE PET AL 5% 7%	60
7.9	RESULTADOS AL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 3, 7 Y 28 DIAS.	60



7.9.1	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto Patrón.	61
7.9.2	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto con 5% de PET. 63	
7.9.3	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto con 7% de PET. 64	
7.10	RESULTADOS AL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR HENDIMIENTO A LOS 28 DIAS.	68
7.10.1	Ensayo de resistencia a la Tracción Indirecta-Muestra Concreto Patrón.	70
7.11	DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE BANCA EN CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET.	72
7.11.1	Diseño Contextual.	72
7.11.2	Diseño inclusivo y amigable con el medioambiente.	72
7.11.3	Flexibilidad de la Simpleza:	73
7.11.4	Elección Del Elemento	73
7.11.5	Determinar Espacio De Implantación.	74
7.11.6	Analizar Variación.	74
7.11.7	Elección Del Material.	76
7.11.8	Determinar Color.	77
7.11.9	Especificar Textura.	77
7.11.10	Analizar Agrupación	77
7.12	Fabricación de la Banca en Concreto con adición de escamas de Plástico reciclado PET.	83
7.13	Costo directo de elaboración de la Banca en Concreto con adición de escamas de plástico reciclado PET. 87	
8	CONCLUSIONES.	90
8.1	Caracterización de Materiales	90
8.2	Diseño De Mezclas Concreto y Plástico Reciclado PET	90
8.3	Ensayo Al Asentamiento De La Mezcla De Concreto Slump.	91
8.4	Ensayos a la Resistencia a la compresión de especímenes de Concreto	92
8.5	Ensayos a la Resistencia a la Tracción Indirecta de especímenes de Concreto.	92
8.6	Diseño Arquitectónico Banca en Concreto y plástico reciclado PET	93



9	RECOMENDACIONES.....	95
10	CRONOGRAMA	96
11	BIBLIOGRAFÍA.....	97
11.1	Cibergrafía.....	97
11.2	Imágenes:.....	99
12	LISTA DE ANEXOS	107

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Parámetros antropométricos. Población laboral. Mujer colombiana. Resumen de medidas.....	15
Tabla 2. Parámetros antropométricos. Población laboral. Hombre colombiano. Resumen de medidas.	15
Tabla 3. Composición física de los residuos sólidos en el casco urbano de Popayán – Cauca.....	20
Tabla 4. Bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento seleccionadas en Popayán.	22
Tabla 5. Precio para producción de 1 kg de hojuela de Plástico PET Beneficiado.....	24
Tabla 6. Proceso de triturado, lavado y secado de la hojuela PET	25
Tabla 7. Precio Kilo Plástico PET sin beneficiar.....	28
Tabla 8. Cantera Agregados Puracé. (Las Golondrinas) y muestra de Agregado Grueso de ¾”	30
Tabla 9. Centro de acopio (Tri agregados) y muestra de arena de puerto.....	32
Tabla 10. Tamaño Máximo Nominal y Masa Mínima de Muestras de Ensayo.....	34
Tabla 11. Resultados Granulometría del Agregado Fino-Arena.....	34
Tabla 12. Granulometría por Tamizado del Agregado Fino - Arena.....	36
Tabla 13. Resultados Granulometría del Agregado Grueso-Grava de 1”	39
Tabla 14. Ensayo de la resistencia al desgaste del agregado grueso.....	40
Tabla 15. Datos sobre gradación, carga abrasiva y revoluciones.	40
Tabla 16. Granulometría por Tamizado del Agregado Grueso – Grava de 1”.....	41
Tabla 17. Resultados Granulometría del Agregado Grueso-Escamas de Plástico Reciclado PET.	42
Tabla 18. Granulometría por Tamizado del Agregado Grueso – Escamas de Plástico Reciclado PET.....	43
Tabla 19. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural.....	44
Tabla 20. Especificaciones. Tamices y porcentajes pasantes. Norma NTC 32 y ASTM (E-11)	45
Tabla 21. Asentamientos Recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.....	47
Tabla 22. Tabla para dosificación por el Método de Fuller.	49
Tabla 23. Granulometría de Porcentajes pasantes de materiales con la Curva de Fuller corregida.	51
Tabla 24. Presentación del diseño en estado seco para 1 m ³ de concreto	52
Tabla 25. Cálculo de proporciones iniciales	54
Tabla 26. Cantidad de materiales y corrección por humedad de la mezcla para 1 m ³ de Concreto.....	56
Tabla 27. Materiales para diseño de mezcla. Prueba 1. Muestra Patrón.....	57
Tabla 28. Masa de PET en reemplazo del agregado grueso al 5% y 7%.	57
Tabla 29. Cantidad de materiales (Reemplazo 5% y 7% PET) sobre el Agregado Grueso.	58
Tabla 30. Cálculo de materiales ajustado para diseño de mezcla - Prueba 1,2,3	59
Tabla 31. Equipo utilizado Ensayo a la compresión de Cilindros de Concreto	61
Tabla 32. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto Patrón.....	61
Tabla 33. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 5% PET.	63
Tabla 34. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 7% PET	64
Tabla 35. Equipo utilizado Ensayo a la Tracción Indirecta de Cilindros de Concreto	69



Tabla 36. Resumen Ensayo de resistencia a la Tracción - Muestra Concreto Patrón	70
Tabla 37. Datos Antropométricos	72
Tabla 38. Elección del Elemento - Banca En Concreto.....	73
Tabla 39. Espacio de Implantación. Parque Benito Juárez.....	74
Tabla 40. Proceso de la idea generadora de diseño.....	75
Tabla 41. Modelos elegidos como diseño final.	76
Tabla 42. Texturas del Concreto.....	77
Tabla 43. Posibles Agrupamientos	78
Tabla 44. Modelos 3D Mobiliario En Concreto y Plástico Reciclado PET	82
Tabla 45. Resumen Costo Unitario. Banca por Unidad.....	88
Tabla 46. Resumen Costo Total, Bancas	89
Tabla 47. Cronograma	96



LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Resistencia Vs. Edad del Cilindro	10
Gráfico 2. Resistencia a Compresión (Mpa) vs % de fibra PET y PP a los 28 días.....	12
Gráfico 3. Composición física de los residuos sólidos en el casco urbano por componente.	20
Gráfico 4. Colombia: Indicadores de la industria química, del plástico, 2020.	26
Gráfico 5. Curva Granulométrica del Agregado Fino - Arena.....	37
Gráfico 6. Curva Granulométrica del Agregado Grueso – Grava de 1”.....	41
Gráfico 7. Curva Granulométrica del Agregado Grueso – Escamas de Plástico Reciclado PET.	43
Gráfico 8. Resistencia a la Compresión vs Relación Agua Cemento (A/C)	48
Gráfico 9. Método Gráfico. Cuadro de Dosificación con base en Método de Fuller.....	50
Gráfico 10. Curva Granulométrica de la Dosificación 40% Arena y 60% de Grava.....	51
Gráfico 11. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto Patrón.	62
Gráfico 12. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 5% PET.....	63
Gráfico 13. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 7% PET.....	64
Gráfico 14. Consolidado Ensayo de resistencia a la Compresión vs Días de curado	65
Gráfico 15. Porcentaje de Pérdida de Resistencia vs Días de curado. Concretos con 5% y 7% PET	66
Gráfico 16. Asentamiento vs Concretos y Porcentaje PET	67
Gráfico 17. Resistencia promedio Obtenida vs Días de Curado.....	68
Gráfico 18. Resistencia a la Tracción Indirecta vs Concreto con % PET	71

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Plásticos - Línea de Tiempo	8
Figura 2. Altura Poplítea para actividades de posición sentada.....	14
Figura 3. Altura Piso-Poplíteo.	14
Figura 4. Módulo Mobiliario Serie III	15
Figura 5. Localización de centro de acopio FURREXTY, hasta Barrio Valladolid - Calle. 21 lote 36.....	23
Figura 6. Símbolo del Polietileno Tereftalato PET y Botellas Plásticas de este Polímero.	27
Figura 7. Recorrido desde Cantera agregados Puracé, hasta el Barrio Valladolid. - Calle 21, Lote 36.....	30
Figura 8. Recorrido desde Tri Agregados Cra. 17 # 12B-26, hasta el Barrio Valladolid. - Calle 21, Lote 36	31
Figura 9. Paleta de colores. Marrones Fríos y Cálidos. (Escala Hexadecimal)	77
Figura 10. Planos Arquitectónico Mobiliario	79
Figura 11. Plano Arquitectónico Urbano	80
Figura 12. Plano Estructural	81
Figura 13. Armado provisional de la formaleta y flejado de varillas laterales.	83
Figura 14. Armado de parrilla inferior, laterales y aplicación de desmoldante.	83
Figura 15. Colocación de distanciadores y Platinas.....	84
Figura 16. Refuerzo exterior de formaleta y mezcla de agregados	84
Figura 17. Adición de agua y PET a la mezcla de agregados	85
Figura 18. Vertimiento de la mezcla de concreto y vibrado manual.....	85
Figura 19. Fundición de losa superior y aplacado	86
Figura 20. Desencofrado de Formaleta y aplacado de caras.....	86
Figura 21. Banca sin acabado pulido a los 7 días de curado.....	87

**LISTA DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Peso Total (grs).....	33
Ecuación 2. Porcentaje Retenido Total (% R.T.).....	33
Ecuación 3. Porcentaje Retenido Acumulado (% R.A.)	33
Ecuación 4. Porcentaje que Pasa (% Pasa)	33
Ecuación 5. Contenido de Cemento en Kg.	49
Ecuación 6. Masa de Agregados.....	52
Ecuación 7. Cantidad en peso del 40% de Arena	52
Ecuación 8. Cantidad en peso del 60% de Grava	52
Ecuación 9. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W).....	53
Ecuación 10. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W) de la Grava	53
Ecuación 11. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W) de la Arena	53
Ecuación 12. Cálculo de % de Absorción (% ABS) de Agregado Grueso	54
Ecuación 13. Cálculo de % de Absorción (% ABS) de Agregado Fino	54
Ecuación 14. Fórmula para obtener la Humedad (SW) de la arena.	55
Ecuación 15. Fórmula para obtener la Humedad (GW) de la Grava.	55
Ecuación 16. Fórmula para obtener la Absorción (ABS) de la arena.	55
Ecuación 17. Fórmula para obtener la Absorción (ABS) de la Grava.	55
Ecuación 18. Cálculo del Agua efectiva para 1 m ³ de Concreto	56
Ecuación 19. Cantidad de materiales para el diseño de mezcla.	56
Ecuación 20. Cálculo de la Tracción Indirecta	70



RESUMEN

El presente trabajo experimental en modalidad de profundización, se basa en una metodología teórico práctica, y se elabora con la finalidad de analizar la posibilidad técnica que generará, en el área de la construcción en la ciudad de Popayán, la elaboración de una Banca de concreto y como reemplazo parcial del agregado grueso, reutilizar el plástico Polietileno - Tereftalato (PET) como solución sostenible y alternativa al mobiliario urbano tradicional, dando una respuesta a la problemática de la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los volúmenes arrojados, y el aprovechamiento de los mismos. Elemento urbano que, estaría situado en el contexto de la ciudad de Popayán, acorde con los espacios públicos consolidados existentes y con una identidad definida.

Se realizaron tres muestras de prueba, una de concreto convencional y dos en las cuales se reemplaza un porcentaje del agregado grueso con proporciones de adición de escamas de PET del 5% y 7% sobre la masa total de la grava. Para la fabricación del concreto, se emplearon los materiales tradicionales para su preparación (Cemento, grava, arena y agua). El material como reemplazo parcial, fueron las escamas de plástico reciclado de las botellas (PET), lo anterior, para analizar su comportamiento y efectividad para ser utilizado en la construcción de la banca como prototipo del mobiliario urbano. Realizada la mezcla de materiales, se elaboraron cilindros de concreto, los cuales se dejarían en curado, a los 3, 7 y 28 días, para evaluar el incremento de la resistencia dado por el fraguado y curado del concreto, para luego, ser sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión (Norma NTC-673) y Tracción indirecta (Norma Invías INV E-411-13).

Los porcentajes de resistencia a la compresión se lograron tanto para el concreto convencional, así como para la mezcla de concreto más PET al 5% y 7%, siendo el escogido para la fabricación de la Banca en Concreto, el del 5% de adición de PET. Como resultado de la propuesta de diseño se obtuvieron 3 módulos de banca, uno de forma cuadrada, otro triangular para unirse en sus caras laterales con el módulo cuadrado y permitir giros a 30° y, por último, una materia que sirve como elemento de remate de la agrupación de elementos y como articulador; todo esto, para proponer diversas agrupaciones o familias de módulos que se relacionan entre sí, e integrarse de manera ordenada de acuerdo al contexto del lugar donde se ubiquen.



El generar un elemento constructivo que integre materia prima reciclable, como lo es el Polímero PET adicionado al concreto, brinda un enfoque de sostenibilidad y contribución al aprovechamiento de los residuos plásticos que se generan cada vez más en la ciudad de Popayán, ya que estos se comercializan a otras ciudades o países y no aportan a la industria Caucana, por lo que es pertinente en investigaciones futuras, continuar con este tipo de desarrollos de manufactura.

ABSTRACT

The present experimental work in deepening modality, is based on a practical theoretical methodology, and, is carried out to analyze the technical possibility that will generate, in the construction area in the city of Popayán, the elaboration of a concrete bench and as a partial replacement of the coarse aggregate, reuse the plastic Polyethylene - Terephthalate (PET) as a sustainable and alternative solution to traditional urban furniture, answering to the problem of the generation of Urban Solid Waste (USW), the volumes thrown and the use thereof. Urban element that would be located in the context of the city of Popayán, in accordance with the existing consolidated public spaces and with a defined identity.

Three test samples were made, one of conventional concrete and two in which a percentage of the coarse aggregate is replaced with additional proportions of PET flakes of 5% and 7% over the total mass of the gravel. For the manufacture of concrete, traditional materials were used for its preparation (cement, gravel, sand, and water). The component as an additive was the recycled plastic flakes from the bottles (PET), to analyze their behavior and effectiveness to be used in the construction of the bench as a prototype of street furniture. Once the materials were mixed, concrete cylinders were made, which would be left to cure, at 3, 7 and 28 days, to evaluate the increase in resistance given by the setting and curing of the concrete, to then be subjected to the tests of resistance to compression (Standard NTC-673) and indirect traction (Standard Invías INV E-411-13).

The percentages of compressive strength were achieved both for conventional concrete, as well as for the concrete mix plus PET at 5% and 7%, the one chosen for the manufacture of the Concrete Bench, the 5% addition of PET. As a result of the design proposal, 3 bench modules were obtained, one square, another triangular to join on its side faces with the square module and allow 30° turns, and, finally, a planter that serves as a finishing element. of the grouping of



elements and as an articulator; all this, to propose various groupings or families of modules that are related to each other, and integrate in an orderly manner according to the context of the place where they are located.

Generating a constructive element that integrates recyclable raw material, such as the PET polymer added to the concrete, provides a focus on sustainability and a contribution to the use of plastic waste that is increasingly generated in the city of Popayán since it is they are marketed to other cities or countries and do not contribute to the Cauca industry, so it is pertinent in future research to continue with this type of manufacturing development.



1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El uso de los plásticos es de gran utilidad hoy en día debido a sus diversas aplicaciones en la industria, pero conjuntamente conlleva a una problemática, y son los residuos que generan después del posconsumo. Los mares, ríos, lagunas, rellenos sanitarios y acueductos son usados como sitios de disposición final; esta práctica va en aumento cada vez más acarreando consecuencias que afectan las cinco dimensiones del Desarrollo Sostenible, es decir la Dimensión Social, Económica, Cultural, Ecológica o Ambiental y Geográfica.

No obstante, se han aunado esfuerzos a nivel global para contrarrestar esta problemática, creando conciencia en la población a implementar campañas de reciclaje y aprovechamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generan de manera exponencial en nuestras ciudades. Colombia no es ajena a esta situación, por lo que se han trazado desde hace años varias estrategias para implementar estas iniciativas de manera conjunta con la empresa privada y las instituciones gubernamentales con el objetivo de contribuir a la eficiencia energética, a la reducción de la huella de Carbono con respecto a la producción, posterior reciclaje de los residuos y finalmente a la conservación del medio ambiente.

Según DELGADO (2.015, p4) “Son muchos los problemas y desequilibrios medioambientales que ya se han hecho patentes debido a la actividad humana: El calentamiento global, la contaminación atmosférica, la salinización de los océanos, la lluvia acida, la contaminación de los acuíferos, la escasez del agua, los vertidos marinos, la contaminación de las costas, la desaparición de especies, la escasez de zonas verdes, el desorden y cambio climático, el aumento de residuos, etc.” En los últimos años, el aumento de población y la industrialización ha provocado un gran impacto sobre nuestro territorio destruyendo así el equilibrio con la naturaleza. Como resultado de ello, la ciudadanía vive en un gran deterioro medioambiental que necesita tomar medidas urgentes para garantizar el bienestar del ser humano.

Desde los hogares, empresas, colegios, universidades e instituciones, no se sigue un protocolo adecuado o se carece de una correcta clasificación y disposición de los residuos, ya que no existe una cultura de reciclaje y aplicación correcta de la de gestión ambiental del



Gobierno Nacional, por lo que la socialización de este tipo de proyectos debe ser crucial para cambiar de mentalidad y contribuir al beneficio Social, Económico, Cultural, Ecológico y territorial; lo anterior, enmarcado en el concepto de las Ciudades Sostenibles.

El presente trabajo, procura realizar un aporte técnico, social y ambiental enfocado en el mobiliario urbano del espacio público, resaltando su importancia y la capacidad para mejorar la calidad de vida de las personas. Estos elementos de Mobiliario Urbano se han establecido desde los inicios de la civilización y han sido parte fundamental en el crecimiento de las ciudades, debido a que es testigo de las actividades colectivas de las personas en su día a día.

Por lo tanto, basándose en los principios del desarrollo sostenible, esta monografía se elabora con la finalidad de abordar la generación de nuevas industrias e infraestructuras amigables con el medioambiente, la innovación, la acción por el cambio climático y revitalizar las alianzas entre actores para lograr objetivos comunes.

Analizar la Posibilidad técnica que generará, en el sector de la construcción en la ciudad de Popayán, la elaboración de una Banca de concreto y como reemplazo parcial del agregado grueso, reutilizar el plástico Polietileno - Tereftalato (PET) como solución sostenible y alternativa al mobiliario urbano tradicional, dando una respuesta a la problemática de la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los volúmenes arrojados periódicamente y aprovechamiento de los mismos.

Elemento que estaría situado en el contexto urbano de la ciudad de Popayán, acorde con los espacios públicos consolidados existentes y con una identidad definida. Este proyecto permitirá a los profesionales del sector de la construcción, conocer de este sistema innovador y ecológico de Banca Ecológica, adoptarla como alternativa constructiva, e incentivar a la comunidad universitaria a complementar este trabajo y a su vez, profundizar su estudio como potencial de desarrollo económico, social y de sostenibilidad ambiental en el municipio de Popayán.



2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ciudades actualmente generan diversidad de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en volúmenes considerables que son depositados inadecuadamente en rellenos sanitarios; calles públicas, parques, afluentes o causes de agua, causando problemas de contaminación, debido a falta de políticas o alternativas que permitan tomar conciencia sobre la importancia de reciclar y reutilizar. La industria de la construcción es otro causante de contaminación, por lo que es pertinente mejorar o explorar nuevas alternativas constructivas implementado tecnologías amigables con el medio ambiente, aprovechando material reciclado disponible en la ciudad, transformándolo en elementos arquitectónicos que ayuden a la mejora continua de espacios urbanos sanos.

Haciendo referencia al análisis de la composición física de los residuos sólidos en el casco urbano de Popayán, el Plan de Residuos Sólidos del Municipio, (PGIRS, 2016, p.111) el casco urbano genera un total de 6.406,29 toneladas de residuos sólidos mensualmente, donde el plástico produce un total aproximado de 745 ton/mes, correspondiente al 11,63%, estableciéndose como el tercer residuo que la ciudad más genera, el cual es el recolectado y reciclado por la empresa municipal SERVIASEO S.A.E.S.P y los gremios recolectores.

“En Popayán existen 23 centros de acopio, que realizan el reciclaje paralelo con la Empresa de Aseo de la ciudad de Popayán; de estos sólo uno realiza la transformación del plástico PET”, (PGISR, 2016 p.250), que es comercializado a otras ciudades aumentando la huella de carbono en su transporte; el problema radica en que la materia prima no es aprovechada en la ciudad de Popayán, perdiendo así, la oportunidad de buscar nuevas tecnologías en la innovación de fabricación de prototipos utilizando materiales renovables.

De los plásticos más utilizados como alternativa para estudios de invención de nuevas alternativas tecnológicas constructivas está el plástico PET (Tereftalato de Polietileno). Popayán produce alrededor de 169 ton/ mes de las cuales 19 ton/mes son transformadas como materia prima para comercialización, debido a esto, la importancia de realizar estudios y diseños de elementos en el campo de la construcción, reutilizando el plástico PET, acorde a la materia transformada y producida en la ciudad.



En la construcción de infraestructura y de espacio público predomina el uso de materiales tradicionales como la piedra, concreto, el mortero, los ladrillos de arcillas, que son perdurables en el tiempo, pero carecen de ser una propuesta amigable con el medio ambiente. También existe mobiliario urbano elaborado con materiales no acordes a las características naturales de un lugar, como sucede en las plazas públicas de la ciudad de Popayán en la que se puede evidenciar la existencia de diversos tipos de mobiliario urbano, específicamente bancas fabricadas de madera y forja en hierro, que tienen un alto costo económico en el mercado y no son perdurables con el tiempo.

Sumado a esto, no tienen un impacto ambiental positivo para la ciudad, motivo por el cual la importancia de buscar materias primas reciclables producidas en sitio, para incorporarlo a sistema constructivos convencionales como iniciativa para fabricar mobiliario urbano que ayuden a mitigar la contaminación del medio ambiente. Según lo expuesto por Rueda (2013. p. 127) “El territorio, la ciudad, un barrio son ecosistemas, conjuntos de elementos químicos físicos y orgánicos relacionados entre sí”.

Lo que califica a un sistema como ecológico es el complejo de reglas y características que condicionen las relaciones, y su durabilidad en el tiempo está garantizada por el principio de eficiencia de la organización interna que, aplicado a la ciudad, se traduce en la reducción del consumo de recursos naturales y en el aumento del grado de organización social. Por tal motivo, la importancia de plantear nuevas tecnologías de producción de mobiliario urbano bajo un diseño arquitectónico adaptable a los espacios urbanos de Popayán, construido en concreto con adición de escamas de plástico PET reciclado y aprovechado en la ciudad, con el objeto de cumplir a las políticas ambientales urbanas, considerando la viabilidad técnica, económica y lograr un compromiso de cohesión social.

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la pregunta del presente trabajo: ¿Cumplirá el diseño de la Banca de concreto con agregado de escamas PET, los requerimientos Normativos, técnicos y ambientales para su fabricación en la ciudad de Popayán?



3 JUSTIFICACIÓN

La presente monografía se realiza con el objeto de buscar una alternativa de solución a los niveles de contaminación que producen los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Ciudad de Popayán, los cuales generan otro tipo de contaminantes como son el CO₂, desechos orgánicos e inorgánicos y polímeros (plásticos) los cuales su descomposición puede tardar entre 100 a 1.000 años dependiendo de su tipo.

Con el tiempo el plástico PET por sus características de ligereza, resistencia mecánica a la compresión, está sustituyendo materiales como el PVC, la madera, el vidrio, entre otros; según la ONU (2019) en su artículo de su sitio web afirma que, cada minuto se compran un millón de botellas de plástico y, al año, se usan 500.000 millones de bolsas. Ocho millones de toneladas acaban en los océanos cada año, amenazando la vida marina. La asamblea medioambiental de la ONU ha terminado con una declaración en la que más de 200 países se comprometen a reducir el uso de plásticos de aquí a 2030.

Teniendo en cuenta que Popayán produce alrededor de 169 ton/ mes de plástico reciclado PET, de las cuales 19 ton/mes son transformadas, comercializadas y vendidas a otras ciudades, es pertinente plantear modelos constructivos innovadores, en este caso puntual, que permitan aprovechar la materia prima del Plástico PET generado en la ciudad; incorporándolo al desarrollo de mobiliario urbano construido en concreto, y que estaría presente en la mayoría de espacios públicos de Popayán, respondiendo a las pruebas técnicas físico-mecánicas de sus materiales, resistencia, durabilidad, estética arquitectónica, con el objeto de disminuir la huella de carbono que contribuya a la preservación del medioambiente, y terminar el ciclo del plástico PET. (PGIRS, 2016).

Este trabajo se encuentra enmarcado en el diseño de un mobiliario urbano en concreto con adición de escamas de Plástico PET reciclado, transformado; orientado al aprovechamiento y reducción de residuos sólidos depositado en lugares públicos de la ciudad, a la vez que aporte a la recuperación de los espacios urbanos, con una propuesta innovadora para el diseño de bancas ergonómicas amigables con el medio ambiente, que permitan concientizar a la comunidad de la importancia de reciclar e idear nuevas tecnologías constructivas que generen un impacto positivo para la ciudad.



La propuesta de diseño y la caracterización técnica de materiales de la banca como mobiliario urbano en concreto y PET, permitirá en futuras investigaciones, estudiar la viabilidad económica de la industrialización del producto, con el objetivo de realizar una intervención en el espacio público y destacar las características estéticas, técnicas, económicas y ambientales respecto al mobiliario existente en el lugar de implantación, en aras de dejar un precedente de posibles emprendimientos basados en esta investigación y lograr adicionalmente, una nueva propuesta de mejoramiento de espacios comunes en Popayán, aprovechando el uso de residuos plásticos reciclados desechados en el municipio.

3.1 Justificación académica para la Universidad del Cauca.

La universidad dentro de su misión social e investigativa, analizará la conveniencia de utilizar nuevos materiales y elementos que apoyan la construcción de Elementos de Mobiliario Urbano, y que permitan crear usos a los programas de reciclaje y de mejor utilización de los conceptos constructivos que amparen esta actividad.

Para el Departamento De Construcción De La Facultad De Ingeniería Civil es una oportunidad para conocer y desarrollar una línea de trabajo que presente acciones útiles a la comunidad de la ciudad de Popayán.

Se pretende incentivar a la comunidad estudiantil universitaria a continuar con los procesos investigativos que puedan resultar de este estudio de caso, para que a futuro se logren resultados materializados en aras de responder a una problemática local y regional como lo es el derecho a disponer de espacios urbanos dignos, confortables y conformados por elementos de mobiliario ecológico con el enfoque de sostenibilidad ambiental.



4 ESTADO DEL ARTE

En tiempos modernos, la acumulación de los desechos y residuos sólidos urbanos (RSU) en las ciudades no han sido objeto de un óptimo tratamiento para su disposición final y posterior aprovechamiento, pues el crecimiento acelerado de la población ha generado un alto índice de impacto ambiental. Para contrarrestar esta problemática, se han establecido mecanismos de reutilización de los residuos aprovechables para transformarlos y destinarlos a diferentes usos y aplicaciones.

Como estrategia empleada para aportar al beneficio Social, Económico, Cultural, Ecológico y territorial enmarcado en el espacio público del municipio de Popayán, se establece una propuesta de diseño de una Banca, o prototipo de mobiliario urbano ecológico basado en el sistema constructivo en concreto reemplazando parcialmente el agregado grueso con escamas de plástico reciclado (PET), a manera de respuesta a la materia prima generada en la ciudad y su post-aprovechamiento.







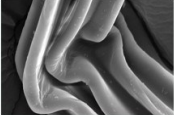



4.1 Marco Histórico

De acuerdo a lo expuesto por CHÁVEZ. (2012. p, 51-53), El desarrollo de los plásticos a través del tiempo comienza su proceso histórico con la aparición de los primeros polímeros naturales que utilizaban las antiguas civilizaciones para alcanzar sus pretensiones y que con el pasar del tiempo, se crearían los polímeros sintéticos. Con el paso de las décadas, desarrollando nuevos usos y técnicas variadas, los polímeros se fueron adaptando a los nuevos usos y aplicaciones. En la (Figura 1), se muestra de manera breve, una línea de tiempo que expone los logros más importantes en el campo de los polímeros desde el 3.500 a.c. hasta nuestros días.



Figura 1. Plásticos - Línea de Tiempo

Los Plásticos – Línea de Tiempo

<p>* Grupos de la cultura Olmeca del golfo de México realizaban juegos rituales con pelotas hechas de savias y extractos vegetales fundidos de caucho natural.</p>  <p>Fuente: Eugster, Simon A. (2009).</p>	<p>* Extracción por sangrado de goma vegetal (Látex-Polímero de Isopreno similar al caucho). Conocido como Gutapercha.</p> <p>* Era fabricado por las comunidades indígenas de Indonesia para fabricar objetos y recipientes.</p> <p>* Se evidencian las primeras destilaciones del Estórax (Bálsamo del árbol Liquidambar Orientalis) que hacen parte del compendio Diccionario de la Química Práctica y Teórica por William Nicholson.</p>	<p>* Descubrimiento del caucho, la caseína, la ebonita y el celuloide, materiales precursores de los plásticos.</p>  <p>Fuente: Jansoone, G. (2007).</p>	<p>* 1.844: Frederick Walton crea el linóleo (Aceite de Lino y Serrín o Corcho Sobre un textil Grueso y pigmentos de color).</p> <p>* 1.846: Nitrocelulosa Primer polímero natural modificado por Christian F. Schonbein.</p> <p>* Se procede a realizar la Polimerización del Estireno</p> <p>* Aparición del Poliéster Tridimensional basado en investigaciones del Glicerol y el Ácido Tartátrico.</p>	<p>* 1858: Teoría Estructural de la síntesis Orgánica de Kekulé y Couper:</p> <p>* 1.866: Poliestirenos: Primer polímero 100% Sintético creado por el químico francés Marcellin Berthelot.</p> <p>* 1.870: Nitrato de Celulosa, (Nitrocelulosa y Alcanfor) desarrollada por John Wesley Hyatt</p>  <p>Fuente: Diez, S. G. (2009).</p>	<p>* 1.912: Acetato de Polivinilo: (Polimerización del Acetato de Vinilo) descubierto por Fritz Klatte. Usado como pegamento.</p> <p>* 1.922: Macro moléculas: por Herman Staudinger. Se descubre la formación de polímeros por el encadenamiento molecular de dos o más monómeros de diferente naturaleza, lo que recibió el nombre de Copolimerización.</p>	<p>* 1.933: En esta década, se consigue el desarrollo industrial de los polímeros más importantes de nuestra actualidad como el Polietileno por Hans Von Pechmann.</p> <p>* 1.930 a 1.935: Nació la técnica de los Termoplásticos. Aplicación en las pinturas, barnices, resinas de poliéster, plásticos reforzados y fibras de vidrio.</p>  <p>Fuente: Monoklon. (2.021).</p>	<p>* 1.950: El Polipropileno Isotáctico, Sintetizado por Giulio Natta</p> <p>* 1.958: Las Prendas Ignífugas, como la Poliamida, desarrollada por Wilfred Sweeney.</p> <p>* 1.965: La Para-Aramida, con fines militares en compuestos balísticos y protección personal fue sintetizada por Stephanie Kwolek.</p> <p>* 1.973: El Polietileno Tereftalato (PET). Fue desarrollada en 1967 por el ingeniero de Dupont Nathaniel Wyeth. Este nuevo compuesto logró el embotellamiento de líquidos bajo presión en plástico</p>	<p>* 1.983: Webster y Sogah, descubren la polimerización por transferencia de grupo.</p> <p>* 1.995: Polimerización Y Copolímeros, fue desarrollada por Mitsuo Sawamoto y Krzysztof Matyjaszewski.</p>	<p>* 2.011: Boeing desarrolla el avión Boeing 787-8 denominado como "Boeing Plastic Dream", ya que su revestimiento se realizó con compuestos 100% plásticos. El 50% de todos los materiales del avión fueron polímeros.</p>  <p>Fuente: Aoki, T. (2.012).</p>
<p>Precusores de los Polímeros</p>	<p>1.786</p>	<p>1.820 1.839</p>	<p>1.844 1.855</p>	<p>Génesis del Plástico Sintético</p> <p>1.858 1.907</p>	<p>1.912 1928</p>	<p>Desarrollo Industrial</p> <p>1.933 1947</p>	<p>1.950 1977</p>	<p>Nuevas Tecnologías</p> <p>1.983 2.005</p>	<p>2.011 2.020</p>
<p>* Se procede entonces a trabajar con polímeros naturales como el ámbar, el Asta Natural, la Goma Laca y la Gutapercha; estos elementos se pueden considerar como los precursores de los polímeros de hoy en día.</p> <p>* Posteriormente se encuentra el Ámbar como una resina de árboles coníferos.</p>	<p>Primeras Destilaciones</p> <p>Fuente: Quesada, C. Á., Ramírez, I. P., Baracaldo, J. S. C., & Álvarez, C. G. (2009).</p> 	<p>* 1832: se acuñaron los términos "Polímero y Polimérico" al químico Sueco Jons Jacob Berzelius.</p> <p>* 1835: Descubrimiento del PVC (Policloruro de Vinilo) Henri Victor Regnault</p> <p>* 1838: Se logra extraer y asilar un polímero natural: La Celulosa</p> <p>* 1.839: Caucho Artificial. Charles Goodyear transforma el caucho crudo en un material resistente y elástico al someterlo al proceso de Vulcanización con Azufre.</p>	<p>El Poliéster</p> <p>Fuente: Pschemp. (2.000).</p>  <p>* Primeras investigaciones con la Urea y el Cianato de Plata.</p> <p>* 1.855 se descubre la Parkesita, conocido hoy en día como el Celuloide, por Alexander Parker.</p>	<p>* 1.870: Galatita, Plástico derivado de la proteína láctea de la Caseína. Elaborada por Wilhelm Krichse y Adolph Stipteler.</p> <p>* 1.907: Tiene lugar la creación del primer plástico sintético termoestable llamado Baquelita a manos del químico Leo Baekeland.</p> <p>* Con estos materiales se fabricaron carcasas de teléfonos, de radios, artículos de escritorio, ceniceros, Bisutería, botones e instrumentos musicales.</p>	<p>Avances Científicos</p> <p>Fuente: restaura-o-line.com (2.022).</p>  <p>* 1.928: Se complementa la teoría de Staudinger, Estableciendo la estructura molecular y cristalina de los polímeros por Kurt Meyer y Herman f. Mark.</p>	<p>Desarrollo Industrial</p> <p>* 1.936: El ABS Entró en producción dentro de la industria automotriz.</p> <p>* 1.939: Los Poliuretanos creados por Otto Bayer, sustituyen al caucho.</p> <p>* 1.940 a 1.947: Plexiglás y Teflón: se destacaron como plásticos de consumo masivo en paneles transparentes y antiadherentes respectivamente.</p> <p>* 1.947: Polimerización en Cadena, Teoría de Turner Alfrey y Charles C. Price.</p>	<p>1.950 1977</p> <p>EL PET</p> <p>Fuente: EZPAK. (2.020).</p>  <p>* 1.977: El Poliactileno; Investigado por Alan Heeger, Alan MacDiarmid y Hideki Shirakawa, crearon un polímero conductor de la electricidad.</p>	<p>Nuevas Tecnologías</p> <p>* 2.005: Polietileno RFX1, La NASA estuvo desarrollando la investigación de este material que es 5 veces más resistente que el aluminio y 2.6 veces más ligero. Además, es un 50% más resistente a la radiación solar, por lo que se plantea sea un compuesto clave para la exploración de Marte.</p>  <p>Fuente: Monoklon. (2.021).</p>	<p>El Futuro</p> <p>* 2.018: Polímeros Biodegradables. Ahora los científicos buscan crear plásticos que se autodestruyan o degraden en el momento para que luego puedan ser reutilizados y así evitar la contaminación.</p> <p>* 2.020: Microbots De Uso Médico; La idea de que estos micro robots permitirán llevar tratamientos por dentro de los vasos sanguíneos con una precisión milimétrica, o realizar biopsias, nos acerca un paso más a las terapias no invasivas y a la medicina asistida por robots.</p>

Fuente. Elaboración Propia.



4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 Caso 1. Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales. SILVESTRE G, Adán (2.015).

La presente investigación se desarrolla en la Universidad Libre Seccional Pereira, departamento de Risaralda, Colombia, con el objeto de realizar en el análisis del uso del tereftalato de polietileno (PET), como material aligerante de mezcla de concreto, buscando estructuras más livianas cumpliendo con parámetros de sismo resistencia según norma NSR 2010, y tiene como objetivos, determinar el comportamiento, variaciones, resistencia y el módulo de elasticidad de Young, adicionando 3%, 5%, 7% de masa en PET, teniendo en cuenta como referencia, un concreto convencional. SILVESTRE G, (2.015. p, 12-16)

Según lo expuesto por SILVESTRE (2.015), Se realizan pruebas con porcentajes de PET en relación al peso de la mezcla de 3%, 5%, 7%, teniendo en cuenta como referencia un concreto de 210 kg/cm², para establecer los datos de resistencia y las propiedades físicas del concreto. (SILVESTRE G. 2015. p,38). Los agregados a utilizar en el presente trabajo, comprenden el PET triturado, cemento, agregado fino y grueso, a los que se realizan los análisis de granulometría, Peso unitario o volumétrico: Humedad Natural, densidad de la arena, absorción de agua, resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles, según normas NTC e INVIAS; en una segunda instancia se procede al diseño de mezcla, determinando el tamaño máximo nominal, asentamiento de la mezcla, contenido de agua, cemento, grava y arena. (SILVESTRE G. 2015. pp.34- 35-36)

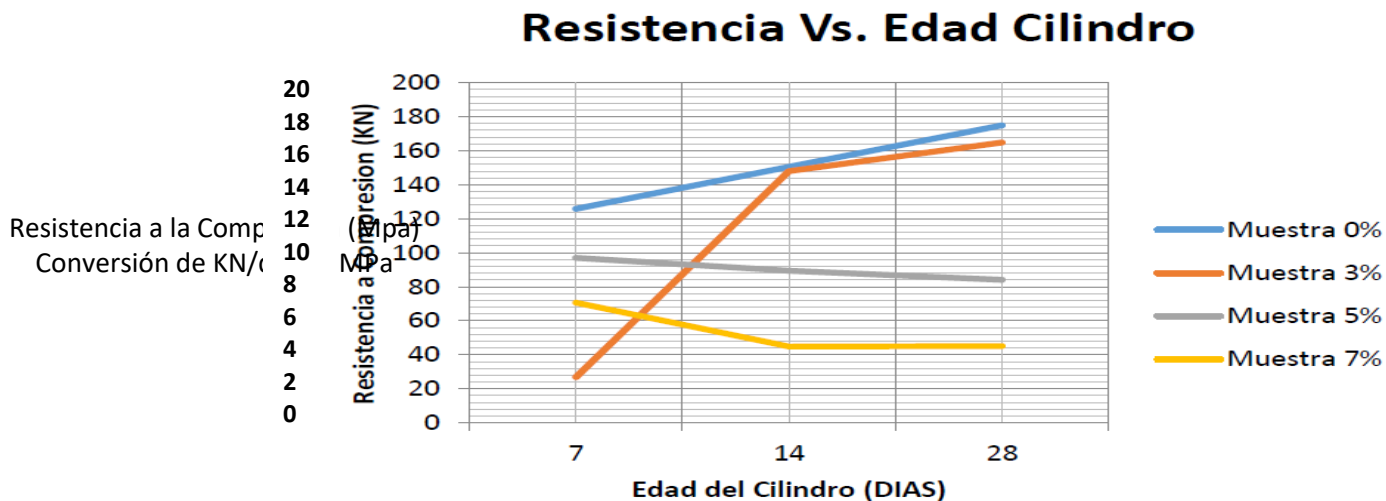
Se determino una relación agua/cemento de 0,55, un tamaño máximo nominal de 3/4" y una resistencia de 21 Mpa, - 210kg/cm², para establecer los datos de resistencia y las propiedades físicas del concreto Teniendo en cuenta que este es un valor utilizado en muchas aplicaciones de la construcción, una dosificación de agregado grueso de 0,58, de agregado fino de 0,42, teniendo en cuenta estos parámetros se realizaron la elaboración de especímenes y posterior curado. (SILVESTRE G. 2015. pp. 58-59)

Según los resultados obtenidos de la investigación, se define que el tipo de falla en la mayoría de las pruebas fue de tipo 1 y 4 donde, la línea de falla se presenta por la poca adherencia del concreto y el PET, además de estar sobre la línea de acomodamiento de este,



también concluyeron que el peso no presenta una variación significativa porque el PET es muy liviano, y existe una disminución de la resistencia al aumentar la adición de este material. (p.79-83-84) A continuación se muestra el (Gráfico.1) donde se aprecia la Resistencia vs edad de cilindro adaptada a partir de análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales. SILVESTRE, (2015).

Gráfico 1. Resistencia Vs. Edad del Cilindro



Silvestre G, Adán. (2015. p.79)

Teniendo en cuenta que el la mezcla se realizó de forma Manual el autor recomienda, realizar la mezcla en una maquina mezcladora, y usar con el objeto de hacer una mezcla más homogénea, y utilizar escamas de mayor tamaño.

4.2.2 Caso 2. Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y Polipropileno (PP). (García, 2018).

En el presente estudio GARCÍA. (2018) se enfoca en “Evaluar el efecto en las propiedades mecánicas como resistencia máxima a compresión, resistencia a la flexión y módulo de elasticidad en flexión del concreto simple reforzado con fibras de tereftalato de polietileno y fibras de polipropileno” “En la investigación, se evaluaron propiedades físicas y mecánicas de fibras de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), a través de determinación de la densidad y ensayos de tensión acorde a la norma ASTM D882 (2012). Encontrando que las fibras de PET presentaron una mayor relación resistencia peso que el PP.



Posteriormente, se realizó un diseño de mezcla de concreto para una resistencia última de 17.23 MPa, y se adicionó fibras de PET y PP, reemplazando porcentajes en volumen de 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0 % sobre el volumen total del agregado fino, con el fin de analizar el efecto que tiene la adición de fibras en la resistencia a compresión y parámetros mecánicos de flexión para muestras con una edad de curado de 3, 7 y 28 días, de acuerdo a las normas ASTM C39/C39M (2014) y ASTM C293 (2016) respectivamente, con el propósito de compararlas con muestras sin adición de fibra. (GARCÍA, 2.018).

Luego de los ensayos de compresión, se encontró que, a mayor porcentaje de fibra adicionada a la mezcla de concreto, la resistencia a compresión disminuía, obteniendo la menor caída de resistencia a compresión para el grupo de muestras con adición de fibra de 0.5 % de PET y 0.5 % de PP. Así mismo, después de los ensayos de flexión a tres puntos, se encontró que las muestras con 0.5 % de fibras de PET y 0.5 % de fibras de PP registraron las menores caídas en el valor de carga de rotura y módulo de elasticidad en flexión. Finalmente, se observó que la presencia de fibras en la matriz de concreto, ayuda a mantenerla unida después de ocurrida la falla”. (GARCÍA, 2.018).

Para el desarrollo del trabajo se muestra las propiedades de densidad seca y densidad específica aparente de los agregados gruesos fino cemento y agua utilizado para las probetas. Con el objeto de obtener las cantidades de materiales empleados para hacer un metro cubico de concreto de 2.500 psi (17.23MPa); durante la inclusión de fibras aumentaba el esfuerzo físico, aumenta la trabajabilidad. (GARCÍA, 2.018).

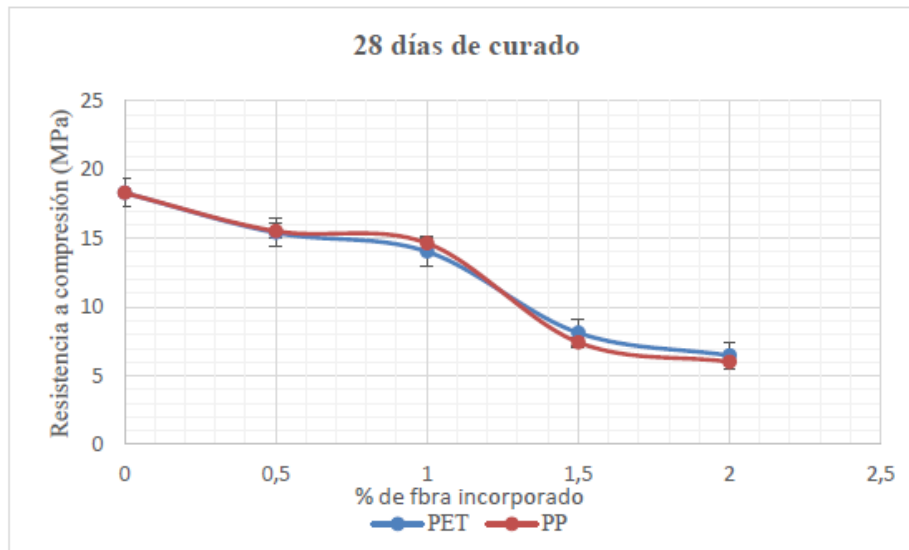
En el desarrollo de los ensayos según García se pudo observar que,” A menores porcentajes de fibras incorporadas en las probetas de concreto, mayores eran los valores de resistencia a la compresión alcanzadas”, y al aumentar la edad de curado se obtiene valores promedios de 56,48% y 74,12% para los 3 y 7 días respectivamente en relación a los 28 días.

En la (Gráfico 2) se puede observar el comportamiento de la resistencia a compresión con respecto a el porcentaje de fibras incorporadas en la mezcla para 28 días, donde el 0,5 de incorporación de fibras al concreto, se obtiene una mayor a la resistencia a la compresión. (GARCÍA, 2.018).



Referente a la compresión de los ensayos en las probetas de concreto reforzadas con fibra PET y PP, teniendo en cuenta el curado a las 3, 7 y 28 días, y la mezcla de concreto con MC-PET-0,5 – MC-PET-1,0 – MC-PP-0,5 y MC-PP-1,0 con 28 días, alcanzaron valores aproximados a las probetas sin adición de fibras, se puede observar que a mayor porcentaje de inclusión de fibras disminuye la resistencia máxima a la compresión. (Gráfico.2)

Gráfico 2. Resistencia a Compresión (Mpa) vs % de fibra PET y PP a los 28 días



Fuente: García, y Hernández S, W. (2018-04-08.). (p.82)

Otro de los aspectos que se observó, es que el aumento de fibra a la mezcla de concreto no presenta una óptima cohesión respecto a los agregados debido que se desprendían fácil de la mezcla de concreto, también el aumento de fibras tiende a generar aglomeraciones debido a la forma que poseen las fibras, por lo tanto se puede concluir que el porcentaje de adición de fibra PP del 0.5 % obtuvo un valor de 15.53 MPa, alcanzando así un 85 % de la resistencia deseada a la compresión, y con el 5% fibra PET, obtuvo una Resistencia a la compresión de 15.41 MPa, obteniendo así un 84.16 % respecto a la resistencia de las muestras de control. (GARCÍA, 2018).

4.2.3 Caso 3. Diseño de mobiliario urbano.

4.2.3.1 Determinación de la materialidad

Según la Constitución Política de la República de Colombia, Artículo 79. Menciona que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” para ello es importante contar con espacios públicos incluyentes y hacer una ciudad más amable; esto se logra incorporando



elementos urbanos de calidad, con nuevas propuestas tecnologías de construcción amigables con el medio ambiente.

En lo que respecta a las políticas de gestión sostenible, el gobierno nacional dentro de sus objetivos está enfocado en “Implementar la gestión sostenible del plástico, a partir de instrumentos y acciones en prevención, reducción, reutilización, aprovechamiento, consumo responsable, generación de nuevas oportunidades de negocio, así como líneas de acción para productos plásticos de un solo uso” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021. p.4-10).

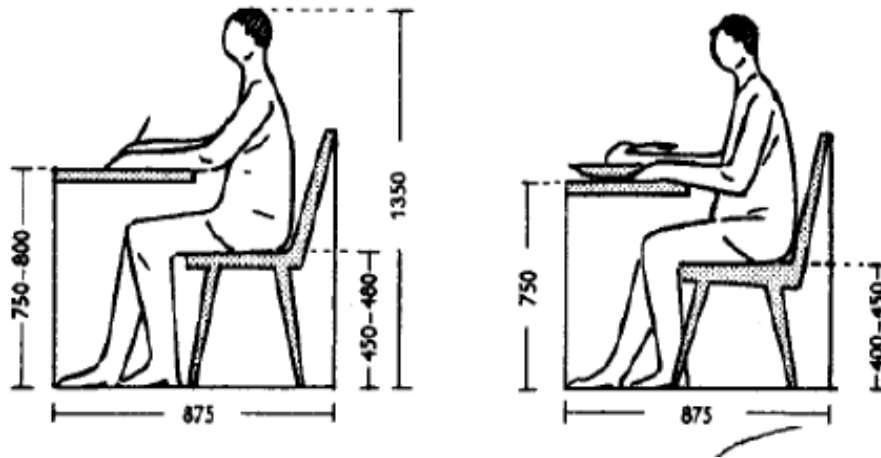
Uno de los principales aspectos a tener en cuenta para el diseño del mobiliario ecológico urbano, se encuentra enmarcado en la materialidad con el que se elabora; según los análisis realizados, se usará un concreto hidráulico no convencional, que contará con un 5% de plástico reciclado de escamas PET incorporado a este; material que es reciclado y transformado en la ciudad de Popayán.

4.2.3.2 Antropometría.

De acuerdo al significado que ofrece la REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA (2.023), Antropometría se refiere al “Estudio de las proporciones y medidas del cuerpo humano”; por lo tanto, como principio para el diseño del módulo de la banca, se procedió a establecer los requerimientos funcionales estéticos y ergonómicos para determinar el dimensionamiento de la misma, sobre normas, parámetros de estudios de ergonomía realizados, y de obtener un prototipo que se adapte al usuario y al contexto de la ciudad.

De acuerdo a lo expuesto por ROSAS, (2014). “Dentro de los elementos de urbanismo las bancas son elementos destinados para sentarse, tienen como función proveer descanso a sus usuarios, proporcionándoles una posición cómoda en lugares de permanencia o entre la circulación y permanencia.”

Para ello, es importante tener como punto de partida la normatividad y estudios sobre la Altura Poplítea que se refiere a la altura entre el nivel del suelo y la nalga de la persona para actividades de posición sentada. Según NEUFERT (2.009. p,40), establece una altura Poplítea que puede oscilar entre los 40.0 cm a 45.0 cm de esta posición como se muestra en la (Figura.2)

**Figura 2. Altura Poplíteica para actividades de posición sentada.**

Fuente: Neufert. *Arte de Proyectar en arquitectura*. (p,40)

En la (Figura. 3) se muestra un listado de diferentes medidas de proporciones ergonómicas para las bancas; se relaciona el tipo de banca, el perfil, la altura del asiento, altura e inclinación de respaldo, ancho y largo del asiento, y la permanencia en altura según confort.

Figura 3. Altura Piso-Poplíteica.

TIPO	PERFIL	ALTURA DEL ASIENTO	ALTURA DEL RESPALDO	INCLINACIÓN DEL RESPALDO	ANCHO DEL ASIENTO	LARGO DEL ASIENTO	PERMANENCIA EN H SEGÚN CONFORT
Silla		43 cm	75 cm	115°	61 cm	45 cm	0.35 h
Silla		43 cm	75 cm	110°	62 cm	44 cm	0.35 h
Banca		45 cm	Sin respaldo	Sin respaldo	60 cm	90 cm	0.20 h
Banca		45 cm	73.5 cm	110°	65 cm	2.40 m	0.30 h
Banca		45 cm	72 cm	112°	65 cm	2.40 m	0.35 h
Banca		45 cm	74 cm	115°	65 cm	1.20 m	0.35 h

Fuente: (ROSAS, 2014.p.44)

De igual manera, en un informe realizado por ESTRADA, et al. (1.995. pp,11,14) en la Universidad Nacional de Colombia, se realizó un estudio de una muestra representativa de 2.100 personas que hacen parte de la población laboral colombiana entre hombres y mujeres; donde las mediciones tomadas de piso altura Poplíteica (nalga) sentada, y piso altura Acromial (hombros) sentada, se obtuvo un promedio de 40,3 cm de altura, como se muestra en la (Tabla. 1) y (Tabla.



2) la cual, se tomó como referente para plantear la altura de la banca de concreto, que en este caso es de 45,0 cms de altura Poplítea.

Tabla 1. Parámetros antropométricos. Población laboral. Mujer colombiana. Resumen de medidas.

NOMBRE VARIABLE vs PERCENTIL (P)	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
11. ALTURA ACROMIAL (SENTADO)	51,2	52,1	53,3	55,2	56,7	58,1	58,9
12. ALTURA FOSA POPLITEA (SENTADO)	35,1	35,7	36,8	38,3	39,7	41,1	42,0

Fuente: basado en Tabla 3 Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana (Estrada M. 1998)

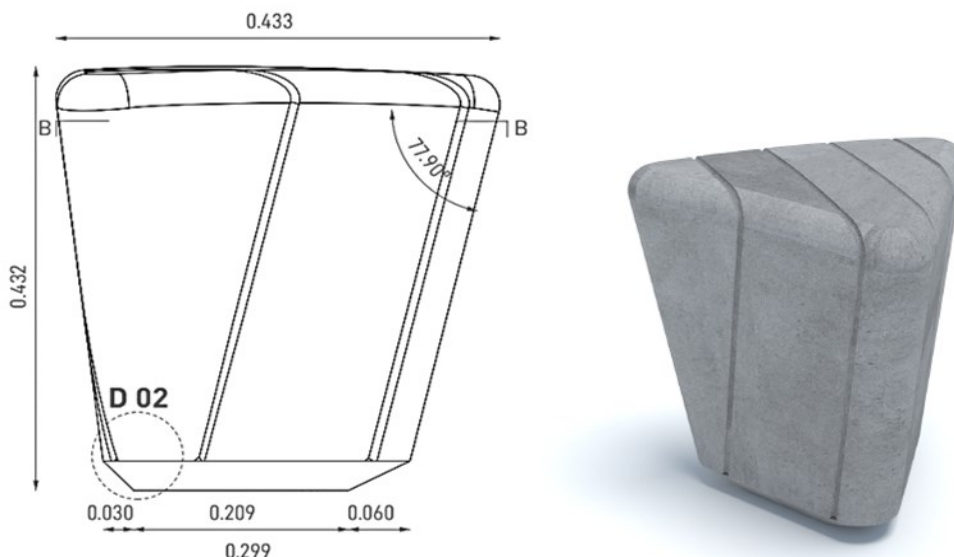
Tabla 2. Parámetros antropométricos. Población laboral. Hombre colombiano. Resumen de medidas.

NOMBRE VARIABLE vs PERCENTIL (P)	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
11. ALTURA ACROMIAL (SENTADO)	54,2	53,3	57	58,8	60,7	62,4	63,3
12. ALTURA FOSA POPLITEA (SENTADO)	38,6	39,3	40,9	42,4	43,9	45,3	46,2

Fuente: basado en Tabla 4 Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana (Estrada M. 1998)

Siendo la ergonomía, uno de los puntos importantes dentro de la habitabilidad de un espacio y del mobiliario urbano como lo es la banca, se toma como referencia las medidas para la altura Poplítea de 43,2 cm a 45cm de altura, profundidad del asiento de 43 a 45 cm; como se muestra en la (Figura.4) del módulo de mobiliario urbano serie III de Bogotá.

Figura 4. Módulo Mobiliario Serie III



Fuente: SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2.019). Cartilla de mobiliario Urbano: Mobiliario de Bogotá. (p.60).

Otro referente que se tuvo en cuenta, fue La Cartilla Mobiliario Urbano de Bogotá, que “Establece características de mobiliarios urbanos en espacios públicos abiertos como bancas,



papeleras, bolardos, señalización, paraderos de transporte público, protectores para la vegetación, entre otros para la ciudad de Bogotá”, SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN (2019. p1).

Esta cartilla categoriza el mobiliario urbano por familias; en lo que respecta al mobiliario planteado en este modelo referencial, está categorizado como “Elementos De Mobiliario Serie III” visto anteriormente en la (Figura.4), y que se establece como “elementos de carácter monolítico, que pueden ser utilizados tanto en lugares urbanos, como rurales”. SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACION (2.019. p.60).

Normalmente Están contruidos principalmente en concreto fundido, con variaciones de piedra caliza y polietileno reciclado para contextos rurales, que se caracterizan por versatilidad y su ubicación permite generar desde elementos aislados hasta líneas rectas o sinuosas de gran formato para conformar diferentes agrupaciones y generar diferentes espacios.” SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACION (2.019. p,60).



5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar las posibilidades técnicas para elaborar el diseño arquitectónico de la banca fabricada en concreto con adición de escamas trituradas de Plástico Reciclado (P.E.T) aprovechable en la ciudad de Popayán, como alternativa ecológica al mobiliario urbano.

5.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar las investigaciones y estudios realizados previamente sobre el uso del plástico reciclado PET adicionado al concreto, para determinar la posibilidad de implementar su uso en el diseño de mobiliario urbano ecológico en el municipio de Popayán.
- b) Identificar las fuentes locales de materia prima donde serán adquiridos los materiales reciclados para la fabricación de la banca de concreto con agregados de escamas trituradas de plástico PET, y analizar de manera cuantitativa y cualitativa, la oferta y demanda actual del plástico reciclado aprovechable PET en la ciudad de Popayán.
- c) Establecer mediante algunos ensayos de laboratorio, el diseño de mezcla de concreto adicionando un porcentaje de agregados de escamas trituradas de PET, garantizando las especificaciones exigidas por la norma técnica colombiana y adaptarlo a las necesidades del estudio de caso.
- d) Efectuar ensayos de laboratorio a las mezclas de concreto en estado fresco (Asentamiento SLUMP) y endurecido a los cilindros de concreto y adición de PET. (Compresión a los 3, 7, 28 días y Tracción Indirecta a los 28 días).
- e) Realizar el diseño arquitectónico y elaboración del Módulo de banca en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET, ajustado a las especificaciones, norma técnica y realizar el costo de producción de la banca.
- f) Enunciar las conclusiones y compilar los resultados de la investigación para ser expuestos en un medio de publicación como un artículo científico.



6 METODOLOGÍA

6.1 Tipo de Investigación

La presente Monografía es de carácter experimental, debido a que comprende un alcance descriptivo, donde se busca principalmente demostrar las características físicas, mecánicas y económicas del objeto de estudio, en este caso, el prototipo de banca fabricada en concreto reemplazando parcialmente el agregado grueso con escamas de plástico reciclado (PET).

6.2 Nivel de Investigación

Esta investigación sigue la línea de Profundización, y su énfasis es explicativo, ya que pretende buscar cual porcentaje de escamas de plástico reciclado PET, es el más adecuado para ser usado en el diseño de mezcla para la elaboración del mobiliario urbano ecológico en concreto, aplicado al estudio de caso, es decir a las bancas del parque Benito Juárez, ubicado entre los barrios Valencia y Las Américas en la ciudad de Popayán.

Se realizarán algunos ensayos de laboratorio, comparativos técnicos y económicos entre el prototipo de banca en concreto con adición parcial de escamas PET, frente a los tipos de mobiliario urbano existentes en el lugar de estudio, para posteriormente determinar su viabilidad económica, sus ventajas y desventajas, enfocado hacia el modelo de sostenibilidad ambiental.

Lo anterior permitirá sentar una base de manera general y como antecedente para futuras investigaciones, los lineamientos básicos para implementar el estudio de mercado para la producción de bancas en concreto con adición de material reciclable, en el Municipio de Popayán y así contribuir al desarrollo social, económico y ambiental.

Para poder cumplir con la metodología anteriormente descrita, es necesario desarrollar el siguiente procedimiento.



7 DESARROLLO

7.1 Revisión Bibliográfica

Como primer objetivo se procedió a consultar los referentes bibliográficos de las fuentes primarias y secundarias de información que establecen el desarrollo de nuevos procesos constructivos a base del Concreto y el plástico reciclado; estas nuevas tecnologías en la construcción son referenciadas en el Estado del Arte.

Posteriormente, se procede a obtener datos de proporciones que reemplazarán una fracción del agregado grueso por el plástico PET, y plantear una hipótesis de cual porcentaje es el adecuado para no afectar la resistencia del concreto, y tampoco la trabajabilidad de la mezcla.

Estos datos bibliográficos sirven como punto de partida para determinar el factor de resistencia $F'c$, tamaños de los agregados, asentamiento de la mezcla según el uso del concreto a fabricar. Estos datos serán esenciales para la investigación.

7.2 Procedencia Y Obtención De Los Agregados

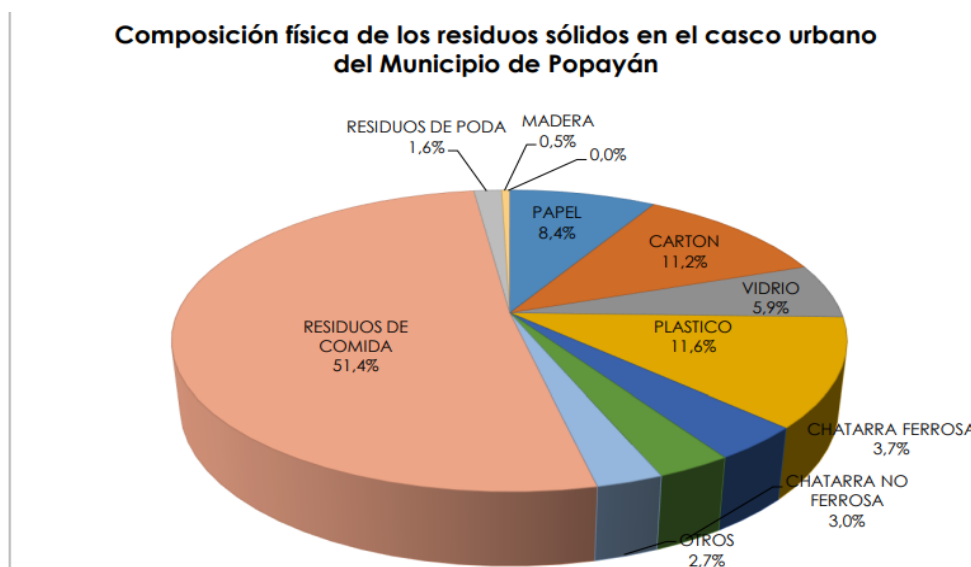
Para abordar el segundo objetivo, Se realiza el trabajo de campo, visitando las fuentes locales de materia prima en la ciudad donde será adquirido el material reciclado para el diseño de la banca de concreto y PET, y analizar los datos registrados en el PGIRS sobre la oferta y demanda actual del plástico reciclado aprovechable PET en la ciudad de Popayán.

7.2.1 Plástico PET

Según datos de Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para el municipio de Popayán Cauca, la cantidad de residuos sólidos generados en el casco urbano es aproximadamente de 6.406, 29 ton/mes; donde los residuos de comida presentan el mayor porcentaje de con un 51,4%, y en segundo lugar el plástico con un 11,6%, que equivale aproximadamente a 745,28 ton/mes. En la siguiente grafica se observa los porcentajes de residuos sólidos generados en el casco urbano. (Gráfico. 3)



Gráfico 3. Composición física de los residuos sólidos en el casco urbano por componente.



Fuente: Contrato de Consultoría No 20161800014397

Fuente: PGIRS. (2016.p,113)

La generación o producción per cápita de residuos sólidos (PPC) en la ciudad de Popayán que hace referencia a la cantidad en kilogramos de residuos que genera una persona en un día se estimó en 0,84 Kg/Hab-día, teniendo en cuenta la cantidad promedio de habitantes que para el 2016 fue de 250.103 según el DANE. El cálculo para la Producción per Cápita (PPC) es:

$$PPC = \frac{\text{Cantidad de residuos generados kg/día}}{\text{número de habitantes}}$$

En lo que respecta al plástico, se tiene un promedio de 11,6 % del total de los residuos generados en el casco urbano, para un total de 745,28 toneladas al mes; y dentro de la clasificación de los plásticos tenemos al tereftalato de polietileno (PET) en un tercer lugar con un promedio de 2,64%, equivalente a 169,13 ton/mes, como se presenta en la siguiente (Tabla.3)

Tabla 3. Composición física de los residuos sólidos en el casco urbano de Popayán – Cauca.

	Material	Kg/Día	Promedio %	Kg/Mes	Ton/Mes
PLASTICO	PET-tereftalato de polietileno	5.637,67	2,64	169.130,02	169,13
	PEAD-polietileno de alta densidad	6.086,12	2,85	182.583,54	182,58
	PVC-policloruro de vinilo	632,31	0,30	18.969,36	18,97
	PEBD-polietileno de baja densidad	5.723,09	2,68	171.692,59	171,69
	PP-polipropileno	1.475,39	0,69	44.261,84	44,26
	PS-poliestireno	504,74	0,24	15.142,14	15,14
	otros-resinas de plásticos o mezclas	4.783,48	2,24	143.504,26	143,50
	Subtotal	24.842,79	11,63	745.283,75	745,28

Fuente: PGIRS. (2016.p,111)



Según datos obtenidos del PGIRS, “los estratos 5 y 6 presentan los mayores generadores de residuos de plástico PET en la ciudad, con un porcentaje correspondientes a 7,24% y 11,6 % respectivamente;” (PGIRS. 2.016. pp, 114,118).

7.2.1.1 Identificación de centros de acopio, bodegas, estaciones de clasificación y aprovechamiento.

- a) Para la obtención de la materia prima de hojuela PET se realizaron visitas a los principales centros de reciclajes de la ciudad con el objeto de tener datos de los volúmenes de plástico PET que manejan y su debido proceso después de reciclado.
- b) Como parte de trabajo se obtiene información de los principales centros de acopio, o unidades económicas de reciclaje en la zona urbana de la ciudad de Popayán; analizando las estadísticas del PGIRS, se encontraron 23 centros, que se tomaron como referencia para el trabajo de campo, de estas predominan 12 bodegas catalogadas como pequeñas de acuerdo al área, 10 corresponden a tamaño mediano y solo 1 a tamaño grande.
- c) Según lo expuesto en el informe del PGIRS, dentro de los residuos aprovechados por material, el PET es uno de los materiales más aprovechados en lo que respecta a la clasificación de los plásticos con un 4,4% con 22,4 toneladas al mes con una calidad limpio y seco. (PGIRS, 2.016. p,152).
- d) Con los datos obtenidos del párrafo “Disponibilidad de servicios de centros de acopio, bodegas o estaciones de clasificación y aprovechamiento” (PGIRS,2016. p,248), se tomó como referencia para la localización de los principales centros de acopio de reciclaje de la ciudad, y se optó por tener en cuenta los potenciales proveedores para la adquisición de la materia prima, de acuerdo a el área de almacenamiento, capacidad de material reciclado y el tipo de actividad desarrollada con los materiales reciclados, específicamente el PET. A continuación, se presenta los centros de acopio seleccionados, para realizar el trabajo de campo, (Tabla. 4).

**Tabla 4. Bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento seleccionadas en Popayán.**

Clasificación	Agente	Área bodega m ²	Dirección	Teléfono	Tipo de material que recibe	Cant. Ton / mes	Condiciones recepción del material	Actividades desarrolladas
Pequeño (Área menor a 150 metros²)	RECIMPAYAN Organización de recicladores	36	Cra 6 AE No. 11- 04 Braseros	3147551093	Papel, Cartón, vidrio, plástico, chatarra, aluminio, cobre.	,96	Seleccionado, Limpio	Separación, Pesaje, clasificación, embalaje, carga y descarga.
Mediano (Área entre 150 y 999 metros²)	ASOCAMPO Organización de recicladores	360	Cra 17 No 73 BN 13 Barrio la Primavera	314 6497297 8376287	Papel, Cartón, vidrio, plástico, chatarra.	4,4	Clasificado, limpio, seco.	Separación, Pesaje, clasificación, embalaje, carga y descarga.
Mediano (Área entre 150 y 999 metros²)	AREMARPO Organización de recicladores	840	Cra. 4 B este No. 11B-16	8224625	Papel, Cartón, vidrio, plástico, chatarra, aluminio, cobre.	76	Separado, limpio, seco	Recolección, transporte, pesaje, clasificación, embalaje, carga y descarga.
Mediano (Área entre 150 y 999 metros²)	Compra y Venta de envases Leonel	400	Calle12 # 8-3 Barrio San Rafael Antiguo	3147464895	Papel, Cartón, vidrio, plástico, chatarra.	40,8	No hay condición	Cargue, descargue, compra, venta, clasificación, separación.
Grande (Área igual o mayor a 1.000 metros²)	Víctor Corzo	1050	Km 1 vía Timbío 1a-20	3102232469	Plástico	19	No hay condición	Clasificación por tipo de plástico y color, se muele, se lava, se seca, se empaca y se transporta.

Fuente. Elaboración Propia, basado en el PGIRS. (2016. p.250).

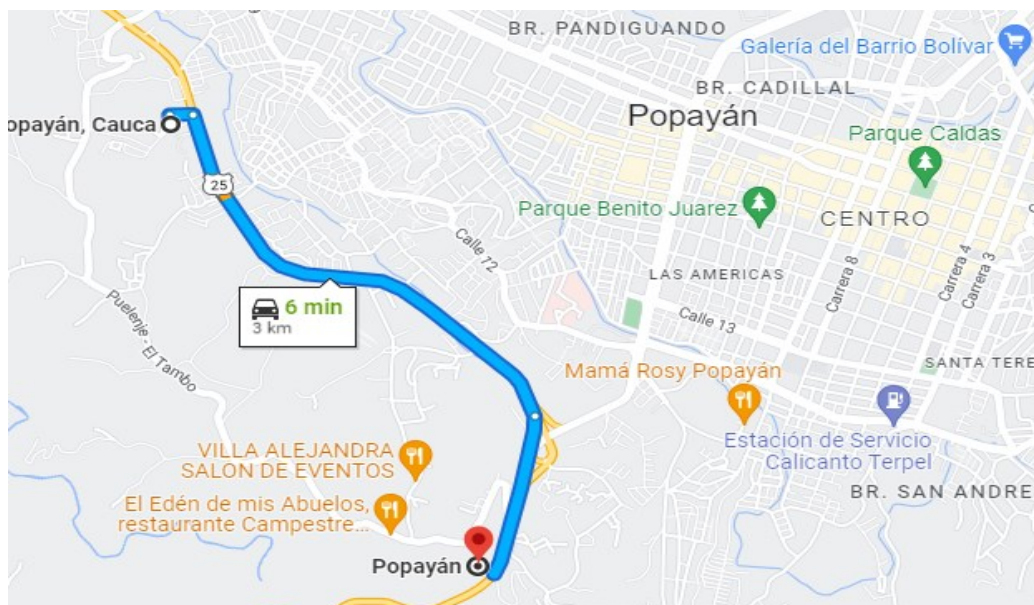


En entrevista con los gremios o sociedades más importantes Aremarpo, Asocampo, Recinpayán, Compra y Venta de envases Leonel; se evidenció que su actividad desarrollada con el plástico PET, consiste en la compra, recolección del material, seguidamente realizan el beneficiado y posterior embalaje para ser transportado a la ciudad de Cali, motivo por lo cual se descartaron como potenciales proveedores de la materia prima.

Se visitaron las instalaciones del centro de acopio del señor Víctor Corzo, la cual está ubicada a 1.0 km del casco urbano de la ciudad, que actualmente se conoce con el nombre de Planta Recicladora Furrexty, donde el principal material de reciclaje es el plástico, y su proceso consiste en la Clasificación por tipo de plástico y color, se realiza el proceso de beneficiado del material o limpieza, después se procede a moler, se continua con el lavado y finalmente el secado, para empacar y ser transportado.

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta es la distancia para la obtención de la materia parima, con el objeto de disminuir la huella de carbono en lo que respecta el traslado y consumo de combustible hasta el punto donde será fabricado. (Figura. 5)

Figura 5. Localización de centro de acopio FURREXTY, hasta Barrio Valladolid - Calle. 21 lote 36



Fuente: www.google.com/maps/?hl=es.

Distancia aproximada desde la Planta de Reciclaje FURREXTY hasta punto de fabricación: 3.0 km, Tiempo promedio: 6.0 minutos.



7.2.1.2 Tratamiento de reciclaje a las botellas de plástico P.E.T.

- a) El proceso de recolección lo adelanta el municipio y los gremios establecidos para llevarlos al sitio de acopio.
- b) Se disponen las botellas de plástico en los puntos limpios establecidos en toda la ciudad.
- c) Envases sin etiqueta de PVC, pasan a la Máquina Compactadora.
- d) Se clasifican y se someten a un proceso de compactación con una prensa hidráulica para disminuir en un 90% el volumen de las botellas de plástico.
- e) Los fardos o bloques que se crean después de la compactación pueden alojar hasta 6.000 Botellas. (Material Beneficiado).
- f) Retirada Manual de etiqueta y tapa. Esta etapa se compensa con un costo adicional.
- g) Los fardos tienen un peso de 120 Kg Cada una, o llamado también Molde Standard.
- h) Dimensiones: 85 Cm de Alto, 1.0 Mt Largo x 48 Cm de Fondo.
- i) Costo del fardo es de (\$1.200 Kg x 120Kg) \$144.000.COP.
- j) Costo del fardo Beneficiado es de (\$1.800 Kg x 120Kg) \$ 216.000. COP.
- k) El proceso de trituración del plástico convierte a la botella en hojuelas de aproximadamente 3mm a 10 mm.

7.2.1.3 Valor de la hojuela P.E.T. Por kg.

Los siguientes valores fueron suministrados por la planta de reciclaje FURREXTY en noviembre de 2.022. (Tabla. 5).

Tabla 5. Precio para producción de 1 kg de hojuela de Plástico PET Beneficiado.

Cant.	Descripción	Precio de actividad	Valor total
1	Precio kg. de PET	\$ 2.000	\$ 2.000
1	Recogida 1Kg, 1 conductor, Acpm turbo, energía Eléctrica	\$ 300	\$ 300
1	Costo Kg PET beneficiado.	\$ 190	\$ 190
1	Costo de molido, secado y lavado 1.0 kg.	\$ 2.000	\$ 2.000
Total, kg de hojuela PET			\$ 4.490

Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4 Presentación del PET en hojuela.

A continuación, se presenta el proceso de Beneficiado de las hojuelas de plástico reciclado PET en la planta de procesamiento. (Tabla. 6).

Tabla 6. Proceso de triturado, lavado y secado de la hojuela PET

Fuente: Elaboración propia. Lugar: Planta de Reciclaje Furrexty.

7.2.1.5 Oferta y demanda del PET en la ciudad de Popayán.

Nota Importante: Es de aclarar que, para el presente caso, el plástico reciclado PET que se adquiere en la planta de reciclaje Furrexty (Vía a Timbío), pasa por un proceso de compra a los recicladores informales, recolección, clasificación, lavado y triturado en escamas que son comercializadas para su posterior tratamiento en cada una de las industrias que las demandan.

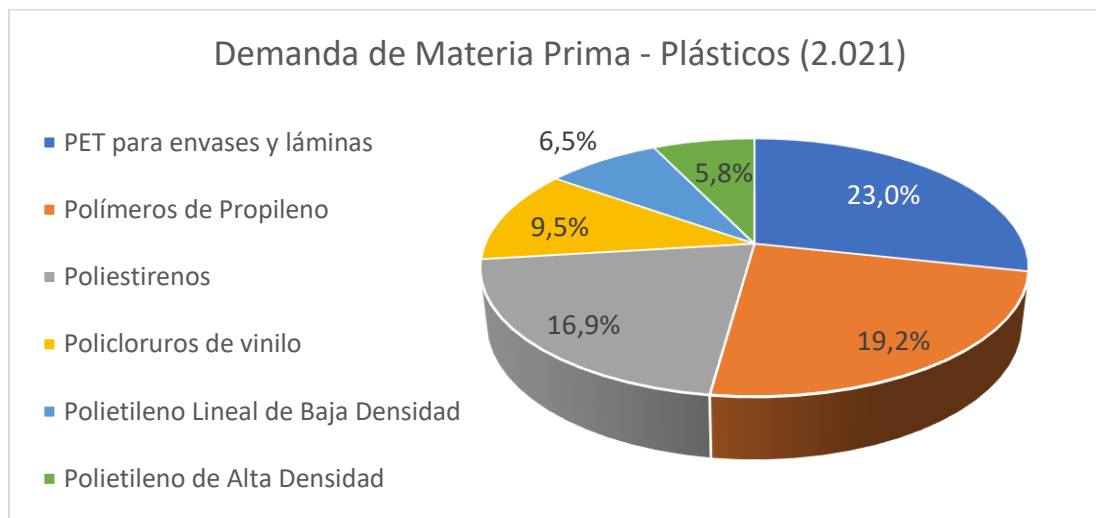


7.2.1.6 El Mercado de los Plásticos y Resinas Plásticas

El mercado de plásticos en Colombia se establece por las materias primas, las semi manufacturas de plásticos, las manufacturas y los desechos que son destinados para el reciclaje; donde el mayor mercado se genera en el sector de los alimentos que ha presentado un crecimiento en los últimos años.

De acuerdo al informe de la Industria del plástico del año 2.022 entregada por (ACOPLÁSTICOS. 2.022. p,106), en el año 2.021, las materias plásticas que tuvieron, en toneladas, una variación positiva en su utilización en el país, con respecto al 2.020, fueron: PET para envases y láminas (23%); polímeros de propileno (19,2%); poliestirenos (16,9%); policloruros de vinilo (9,5%); polietileno lineal de baja densidad (6,5%); y polietileno de alta densidad (5,8%). (Gráfico. 4)

Gráfico 4. Colombia: Indicadores de la industria química, del plástico, 2020.



Fuente: Elaboración Propia con base en datos de ACOPLÁSTICOS, (2.023). Plásticos en Colombia 2022-2023.

“En 2021, los materiales más demandados fueron los polietilenos (36%), los polímeros de propileno (21%), los policloruros de vinilo (15,5%), las resinas de polietileno tereftalato PET (Figura.6) (13,7%) y los poliestirenos (6%), los cuales representan, en conjunto, el 92% del total nacional”. ACO PLÁSTICOS (2.022. p,106)

Figura 6. Símbolo del Polietileno Tereftalato PET y Botellas Plásticas de este Polímero.



Fuente: www.sostenibilidad.ied.madrid.com y www.inpet.py.

El consumo de materias primas plásticas en el año 2.021 registró un aumento de 155 mil toneladas con respecto al periodo 2.022 debido a la reactivación económica post pandemia a raíz del Covid-19, y la fuerte demanda por consecuencia de lo anterior, e igualmente, por la alta demanda de exportaciones de semiproductos de manufacturas.

7.2.1.7 Demanda

La demanda se deriva del plástico recolectado por las Asociaciones de Reciclaje, Bodegas de Reciclaje y Recicladores Independientes, debido a que los consumidores o usuarios son intermediarios, porque se compra productos reciclados y se venden a empresas que lo requieren para sus procesos industriales o comerciales.

En cuanto a cifras, la empresa de servicio de aseo en Popayán, Servi Aseo, informó que el número de toneladas de basura que se recoge a diario en la ciudad es de 190 que llegan directamente al relleno sanitario El Ojito. En cuanto a los productos reciclables inorgánicos, se tiene 31.11%, que se recogen por los recicladores independientes y de las asociaciones.

Los productos que se recogen en su orden son: Cartón (11,78%), Plástico (9,78%), Caucho (3,85%), Papel (3,17%), Vidrio (2,53%)

7.2.1.8 Asociaciones

El reciclaje en Popayán se realiza a través de tres sectores: Asociaciones de Reciclaje, Bodegas de reciclaje y recicladores independientes. En el caso de las Asociaciones de Reciclaje, en Popayán existen tres: Aremarpo (34%), Recinpayán (14%) y Asocampo (26%), constituidas por un promedio de 60 socios cada una. Es de resaltar que Aremarpo y Asocampo mantienen un convenio con la Empresa Recolectora de Basuras de Popayán, SERVIASEO-E.S.P. S.A,



repartiendo las jornadas de la semana, tres días para cada una, por medio del carro destinado a recoger reciclaje en los barrios de las nueve comunas de la ciudad.

7.2.1.9 Bodegas

En el caso de las bodegas, se encontró que en Popayán existen seis centros que reciben materiales reciclables por parte de las Asociaciones y de recicladores independientes: Los Mellizos (6%), El Botellón (5%), Chune (4%), San Diego (3%), Palmira (1%) y Popayán (1%). Se resalta que no solo los productos reciclables llegan de manera directa a estos centros de acopio, sino que en algunos casos se venden de manera directa a empresas que reciben esta materia prima en ciudades como Buga, Yumbo y Palmira en el Valle del Cauca.

7.2.1.10 Oferta

Cada producto reciclado tiene su respectiva oferta en empresas del orden regional y nacional; usualmente los gremios encargados de la recolección establecen contactos con empresas del Departamento del Valle del Cauca y la zona Norte del Cauca, donde existe un importante número de empresas e industrias que compran materiales reciclados para sus procesos productivos.

Los precios se fijan por la competencia que existe en el mercado de los productos reciclables a través de las asociaciones y bodegas que compran estos productos a los recicladores y la venta de los productos a las empresas. Se observa una gran diferencia entre el precio de compra y el precio de venta, que en la mayoría de los casos sobrepasa el 50% de ganancia, como en el caso del plástico que se compra el kilo en \$1.100.00 y se vende en \$1.800.00, lo que equivale a una ganancia de \$700 por kilo. (Tabla. 7)

Tabla 7. Precio Kilo Plástico PET sin beneficiar.

Producto	Precio de Compra por Kilo (2.021)	Precio de Venta por Kilo (2.021)
Plástico PET	\$ 1.100.00.	\$ 1.800.00.

Fuente: Elaboración Propia con base en datos de Planta de Reciclaje Furrexty.

En este contexto, es evidente la debilidad económica de las organizaciones de base, en especial de los recicladores independientes o que surten a las Asociaciones o Bodegas, situación que los obliga a actuar en el mercado con alta dependencia y aceptando los precios bajos,



jornadas largas y condiciones de trabajo exigentes y riesgosas. A nivel general, dado que no solo se presenta esta situación en Popayán, los precios en el mercado de los reciclables se rigen por el mínimo costo y la máxima rentabilidad.

7.2.1.11 *Evaluación Social*

Es necesario desde el sector público y privado, establecer políticas para promover el reciclaje, así como también es conveniente que las autoridades estatales y locales, a cuyo cargo esté la protección del ambiente, propicien estrategias y normas técnicas que conduzcan al establecimiento de ordenamientos y programas municipales sobre el reciclaje de los residuos sólidos municipales, incluyendo la promoción y el fomento de mercados para los subproductos.

Por lo antes expuesto, el reciclaje debe ser considerado como parte de una estrategia integral para manejar los residuos, no como un fin en sí mismo, y promoverse únicamente cuando ofrece beneficios ambientales globales. Un manejo sustentable de residuos que proporcione mejoras ambientales reales de una manera económica y socialmente aceptable, sólo puede ser alcanzado a través de metas que sean parte de objetivos ambientales más amplios, tales como: reducción de gases invernadero, disminución de tasas de residuos que llegan a rellenos sanitarios y maximización del aprovechamiento de los recursos.

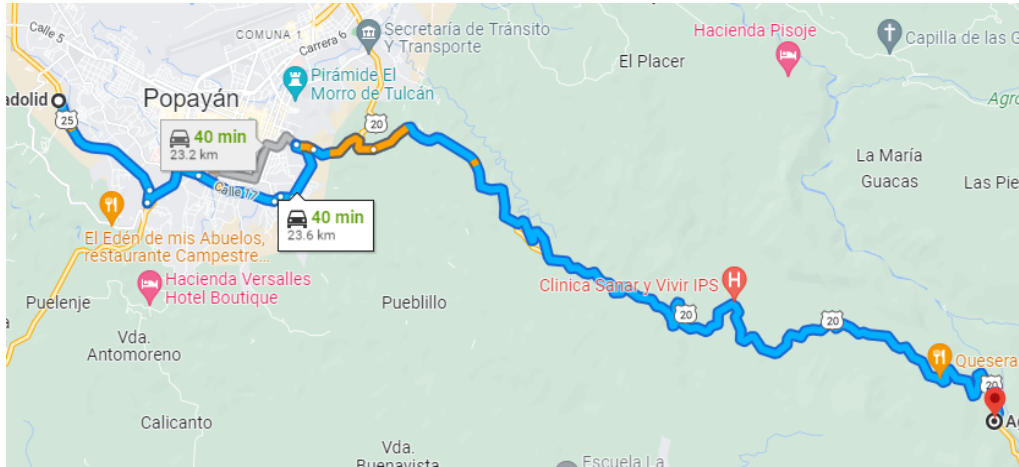
7.2.2 Agregado Grueso – Cantera: Agregados Puracé SAS

Para el sector de la construcción en la ciudad de Popayán, se tuvo en cuenta las principales empresas que hacen extracciones de agregados gruesos como son; Agregados y Triturados Del Cauca SAS, ubicada en el sector de galindes a 115 km, Conexpe, localizada a 17,9 km y Agregados Puracé, ubicada a 23,5 km; distancia tomada en cuenta desde el punto de explotación hasta el lugar de fabricación del modelo de banca, en este caso, la bodega ubicada en el barrio Valladolid de la ciudad de Popayán.

Agregados Puracé, la cantera donde se realiza la extracción del agregado grueso se encuentra ubicada en el sector conocido como las Golondrinas, ubicada en el Km18 Vía Popayán – Coconuco (Figura. 7), la trituradora está ubicada en el km 17 de la misma vía, a 23,5 km de la bodega de fabricación del barrio Valladolid en la ciudad de Popayán, esta planta maneja Triturados de Tamaño Máximo de 3/4" y 1".

Otro aspecto a tener en cuenta, es la selección del tamaño de los agregados que ofrecen; que, para este caso, son de $\frac{3}{4}$ " y de $\frac{1}{2}$ " (Tabla 8), y algo importante, es la recomendación de cuál era su comportamiento frente al desgaste del agregado; teniendo en cuenta la exposición al que estará sometido; en este caso, el mobiliario urbano estará expuesto a la intemperie, el cual juega un papel fundamental en la durabilidad del mismo.

Figura 7. Recorrido desde Cantera agregados Puracé, hasta el Barrio Valladolid. - Calle 21, Lote 36



Fuente: www.google.com/maps/?hl=es

Tabla 8. Cantera Agregados Puracé. (Las Golondrinas) y muestra de Agregado Grueso de $\frac{3}{4}$ "



Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto a los datos para realizar el seguimiento de la huella de carbono del traslado del Agregado de $\frac{3}{4}$ " se puede establecer que la distancia recorrida desde la cantera al sitio de recepción es de 23,5 km, el combustible consumido de ACPM es 2 Galones, el tipo de vehículo



usado es un Furgón Fotón Aumark 2 Ton y el Costo del metro cubico de agregado grueso en la mina es de \$ 60.000.00 COP, m/cte.

7.2.3 Agregado Fino - Arena de puerto.

En la ciudad de Popayán, el agregado fino en la mayoría de acopios, es procedente del municipio de Puerto Tejada, conocida comúnmente como “arena de puerto”, motivo por el cual se hace un análisis de la mejor oferta en costos, y la distancia del punto de compra de la arena, en este caso, Tri Agregados (Figura 8) y de este lugar, hasta el sitio de donde se almacenan los agregados para la fabricación del mobiliario urbano, ubicado en el barrio Valladolid.

Figura 8. Recorrido desde Tri Agregados Cra. 17 # 12B-26, hasta el Barrio Valladolid. - Calle 21, Lote 36



Fuente: www.google.com/maps/?hl=es

Se tomaron en cuenta los principales centros de acopios de la ciudad, entre ellos Geo Acopios, que se encuentra a 15 km, Tri Agregados del Cauca, a 3,2 Km, Ferro acopios, a 3,2 km, distancia tomada hasta el punto de recepción en el barrio Valladolid. Teniendo en cuenta lo anterior, y la oferta del mismo material en los diferentes centros de almacenamiento, se determinó elegir el depósito de Tri Agregados, por su bajo costo y corta distancia para la compra del material. (Tabla.9)

Tabla 9. Centro de acopio (Tri agregados) y muestra de arena de puerto

	
Imagen: Centro de acopio Tri agregados	Imagen: Muestra arena de puerto

Fuente: *Elaboración Propia*

Con respecto al Agregado Fino (Arena de puerto), se puede establecer que la distancia recorrida desde el centro de Acopio hasta el punto de almacenamiento es de 3,2 km, el combustible ACPM consumido es de 0,270 Galones, el tipo de vehículo usado es un Furgón Fotón Aumark 2 Ton y el costo del metro cubico de agregado fino en el centro de acopio es de \$80.000.00 COP m/cte.

7.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Para proceder a realizar el diseño de concretos, es necesario caracterizar los materiales adquiridos como lo son: el agregado grueso, el agregado fino y el agregado de plástico reciclado PET y determinar la distribución de partículas de los mismos para una muestra seca de peso específico. A continuación, se muestran los procedimientos resumidos y los resultados obtenidos de los ensayos enmarcados en la Norma Técnica Colombiana INVÍAS, y que fueron realizados durante la etapa de caracterización en los laboratorios de la empresa GEOFÍSICA S.A.S, en la ciudad de Popayán; Ver más detalles en los (Anexos. A al F).

7.3.1 Análisis Granulométrico Por Tamizado De Los Agregados

Este procedimiento se utiliza fundamentalmente para determinar los tamaños de los agregados que serán utilizados en las mezclas de diseño de concretos. Los resultados se analizan para verificar el cumplimiento de las especificaciones y requerimientos para el diseño de mezclas, ya sean para los agregados finos, gruesos y adiciones de nuevos materiales.



La granulometría es fundamental debido a su forma, textura, gradación e influencia en los efectos que se producen en las dosificaciones resultantes como la manejabilidad, durabilidad, densidad, acabado del concreto, su exposición al medio ambiente, economía de los materiales, reducción en la huella de carbono, entre otros factores. Los agregados finos y gruesos ocupan en una mezcla de diseño, entre el 70% y 80% del volumen total del concreto.

Fórmulas más usadas para el análisis granulométrico:

Ecuación 1. Peso Total (grs)

$$\text{Peso Total (grs):} \quad P.T = \sum \text{Peso Retenido} \quad (1)$$

Ecuación 2. Porcentaje Retenido Total (% R.T.)

$$\text{Porcentaje Retenido Total (% R.T.):} \quad \% R.T = P.R \frac{\text{Total}}{100} \quad (2)$$

Ecuación 3. Porcentaje Retenido Acumulado (% R.A.)

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado (% R.A.):} \quad \% R.A = \text{Tamiz Inicial} + \text{Siguiete Tamiz} \quad (3)$$

Ecuación 4. Porcentaje que Pasa (% Pasa)

$$\text{Porcentaje que Pasa (% Pasa):} \quad \% Pasa = 100\% - \% R.A \quad (4)$$

En la siguiente etapa de caracterización, se procedió a realizar los pasos establecidos en la NORMA INVÍAS. (2.023, Sección 200 - E-123-13), los cuales serán esbozados de manera resumida, y serán descritos a detalle junto al registro fotográfico en las bitácoras (Anexos A, B, C), donde se incluyen los resultados del Módulo de Finura del agregado fino, tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso; adicionalmente se muestran los análisis granulométricos por tamizado.

7.3.2 Análisis Granulométrico Por Tamizado Del Agregado Fino – Arena

El agregado fino consiste en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas es generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural es constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos y durables. Según la caracterización del material de estudio y el Tamaño Máximo Nominal del agregado, se utilizará el tamaño de tamiz de 9.5mm (3/8”). Tabla (10).

**Tabla 10. Tamaño Máximo Nominal y Masa Mínima de Muestras de Ensayo.**

Tamaño Máximo Nominal (TMN) – Tamices con Aberturas Cuadradas en mm y pulgadas.	Masa Mínima de la muestra de ensayo (Kg y Lb)
9.5 (3/8")	1 (2)
12.5 (1/2")	2 (4)
19.0 (3/4")	5 (11)
25.0 (1")	10 (22)
37.5 (1 1/2")	15 (33)
50.0 (2")	20 (44)
63.0 (2 1/2")	35 (77)
75.0 (3")	60 (130)
90.0 (3 1/2")	100 (220)
100.0 (4")	150 (330)
125.0 (5")	300 (660)

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Norma Invías. Sección 200. Agregados Pétreos. E-213. Numeral 5.4.

7.3.2.1 Ensayos Realizados al Agregado Fino – Arena

- Análisis Granulométrico de los agregados NTC-77-78. o INV.E-213.
- Método De Ensayo Para La Determinación De La Densidad Volumétrica (Masa Unitaria) y Vacíos En Agregados - NTC 92 (1.995) o INV.E-217-13. (Densidad Bulk en estado Suelto y Compactado).
- Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción De Agregados Finos I.N.V.E-222. En este procedimiento se especifican: La Densidad Seca Al Horno (g/cm^3 y Kg/m^3), Densidad SSS (g/cm^3 y Kg/m^3), Densidad Aparente (g/cm^3 y Kg/m^3) y Porcentaje de Absorción (% ABS).
- Valor Equivalente De Arena En Suelos Y Agregado Fino - NTC 6179. En el que se aborda el Equivalente De Arena (Promedio) y el Procedimiento De Preparación De Muestra (Estado Seco)

Los resultados se pueden apreciar en la (Tabla 11). Y el proceso de los ensayos se pueden observar en los (Anexos D, E, F).

Tabla 11. Resultados Granulometría del Agregado Fino-Arena

Granulometría del agregado fino: Arena	
DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS
Fuente (Cantera):	Puerto Tejada
Clasificación SUCS:	SUCS - SP
MASAS MUESTRA (g)	
Masa seca antes de lavado:	1858,1
Masa seca después de lavado:	1857,4
Pasa no. 200 por lavado:	0,7
PORCENTAJES EN MUESTRA	



% De grava:	1.20	
% De arena	98.40	
% Pasa no. 200	0.40	
Módulo de finura:	1.63	
Tamaño máximo:	1/2"	
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS NTC-237		
Agregado Fino	g/cm ³	Kg/m ³
Densidad seca al horno= $0,9975 A / (B + S - C)$ g/cm ³	2.572	2572.0
Densidad SSS = $0,9975 S / (B + S - C)$ g/cm ³	2.635	2634.5
Densidad aparente = $0,9975 A / (B + A - C)$ g/cm ³	2.743	2743.0
% Absorción = $(S - A) / A \times 100$	2.420	
VALOR EQUIVALENTE DE ARENA EN SUELOS Y AGREGADO FINO - NTC 6179		
Equivalente de arena (promedio)	83.0	
Procedimiento de preparación de muestra	Seco	
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD VOLUMÉTRICA (MASA UNITARIA) Y VACÍOS EN AGREGADOS - NTC 92		
DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO	g/cm ³	Kg/m ³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.257	1256.907
Humedad, %	0.80	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1.247	1246.811
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	2.743	
% vacíos en los agregados sueltos, %	0.542	
DENSIDAD BULK EN ESTADO COMPACTO	g/cm ³	Kg/m ³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.566	1565.741
Humedad, %	0.80	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	1.553	1553.164
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	2.743	
% vacíos en los agregados sueltos, %	0.429	

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Donde:

A.= Masa En El Aire De La Muestra Seca, g

B.= Masa Del Matraz Aforado+ Agua A Temperatura

C.= Masa Del Matraz Aforado + Muestra SSS + Agua, g

S.= Masa En El Aire De La Muestra SSS, g

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos INV. E-181. La arena que se utilizó para el presente trabajo, después de efectuados los análisis se clasificó como:

- Descripción General: Arena con menos de 5% de finos.
- Características: $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$
- Símbolo del Grupo: SP
- Denominación del Grupo: Arena Mal Gradada



7.3.2.2 Curva Granulométrica del Agregado Fino

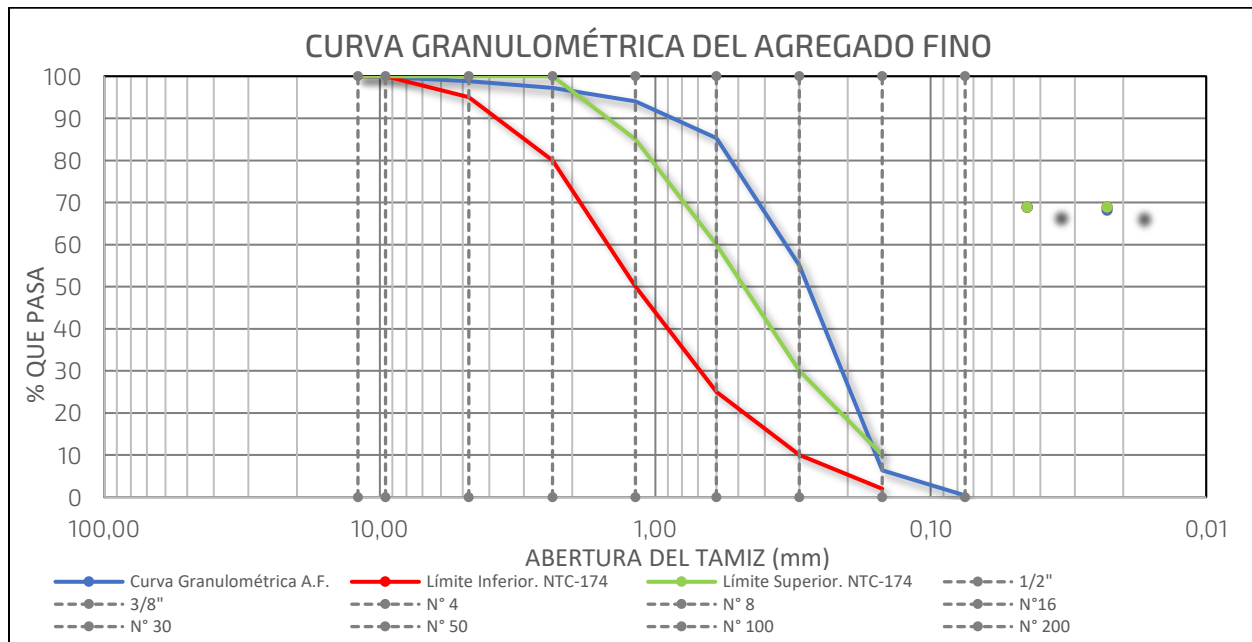
La curva granulométrica de un suelo es la representación gráfica de los resultados obtenidos en el laboratorio, cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman. Las curvas granulométricas se usan para comparar diferentes suelos, además, tres parámetros fundamentales del suelo se determinan con ellas para clasificar los suelos granulares: Diámetro efectivo, Coeficiente de uniformidad y Coeficiente de curvatura.

Tabla 12. Granulometría por Tamizado del Agregado Fino - Arena.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO FINO				NTC-174	
		Peso o Masa Retenida (grs)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q' Pasa	Lim. Inferior	Lim. Superior
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1/2"	12.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
3/8"	9.53	3.2	0.2	0.2	99.8	100.0	100.0
N° 4	4.75	18.6	1.0	1.2	98.8	95.0	100.0
N° 8	2.36	29.2	1.6	2.7	97.3	80.0	100.0
N°16	1.18	59.5	3.2	5.9	94.1	50.0	85.0
N° 30	0.60	162.5	8.7	14.7	85.3	25.0	60.0
N° 50	0.30	561.9	30.2	44.9	55.1	10.0	30.0
N° 100	0.15	904.2	48.7	93.6	6.4	2.0	10.0
N° 200	0.075	111.3	5.99	99.6	0.4		
Pasa N° 200 por Tamizado		0.0	0.00	99.6	0.41		
Pasa N° 200 Total		7.7	0.41	100.0			
Peso Total (grs)		1858.1	0.41				

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Con respecto a la curva granulométrica, los límites inferiores y superiores se determinan según la Norma NTC-174. (Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto). (Tabla 12). A continuación, se muestra la curva granulométrica del agregado fino – Arena. (Gráfico: 5)

**Gráfico 5. Curva Granulométrica del Agregado Fino - Arena.**

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

7.3.3 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso – grava de 1”

Los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en el tamiz No. 4 (4.75 mm), y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 3/4” (19 mm) o el de 1” (25 mm).

7.3.3.1 Tamaño Máximo (TM) del Agregado Grueso

Características más usuales para estimar el Tamaño Máximo (TM) del Agregado Grueso:

- Corresponde al Tamiz de la Tabla Granulométrica por el que pasa toda la muestra del Agregado Grueso. (100% Que Pasa).
- Es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra.
- Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado.
- De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.

En el presente trabajo, y de acuerdo al análisis granulométrico, el tamaño máximo del agregado grueso pertenece al de 1”.



7.3.3.2 Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente al agregado grueso únicamente. Algunas Características del proceso para determinar el Tamaño Máximo Nominal (TMN):

- a) Es el tamiz inmediatamente menor al TM o tamiz en el que queda el primer retenido o primer tamiz cuyo porcentaje retenido es mayor al 15 % del material.
- b) El tamaño nominal máximo de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material.
- c) Es más útil que el tamaño máximo porque indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa.

En este caso, y de acuerdo al análisis granulométrico, el Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso pertenece al de 3/4", con un porcentaje de peso retenido en dicho tamiz de 6.3%.

7.3.3.3 Ensayos Realizados al Agregado Grueso – Grava de 1"

- a) Análisis Granulométrico de los agregados NTC-77-78.
- b) Método De Ensayo Para La Determinación De La Densidad Volumétrica (Masa Unitaria) Y Vacíos En Agregados - NTC 92. (Densidad Bulk en estado Suelto y Compactado).
- c) Densidad Relativa (Gravedad Específica) Y Absorción De Agregados Gruesos I.N.V.E-223. En este proceso se nombran: La Densidad Seca Al Horno (g/cm^3 y Kg/m^3), Densidad SSS (g/cm^3 y Kg/m^3), Densidad Aparente (g/cm^3 y Kg/m^3) y Porcentaje de Absorción (% ABS). (Tabla 13).
- d) Resistencia A La Degradación De Los Agregados Mayores De 19 Mm (3/4") Por Medio De La Máquina De Los Ángeles (INV.E-219-13)
- e) Determinación De La Resistencia Al Desgaste De Los Agregados Gruesos, Utilizando La Máquina De Los Ángeles - Sin Trituración -100 y 1000 Revoluciones En Seco - NTC 93 y 98. En la que se obtienen los Datos sobre la gradación, Carga Abrasiva y Revoluciones usadas. Los resultados se pueden apreciar en la (Tabla 14).



Tabla 13. Resultados Granulometría del Agregado Grueso-Grava de 1”

Granulometría del agregado Grueso: Grava de 1”. NTC-77-78		
DESCRIPCIÓN	DATOS TÉCNICOS	
Fuente (Cantera):	Agregados Puracé	
Clasificación SUCS:	SUCS - GP	
MASAS MUESTRA (g)		
Masa seca antes de lavado:	4135.20	
Masa seca después de lavado:	4118.20	
Pasa no. 8 por lavado:	17.0	
PORCENTAJES EN MUESTRA		
% De grava:	N/A	
% De arena	N/A	
% Pasa no. 200	N/A	
Módulo de finura:	N/A	
Tamaño máximo (TM):	1"	
Tamaño máximo nominal (TMN):	3/4"	
DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS. NTC-176		
Agregado Grueso	g/cm³	Kg/m³
Densidad Seca Al Horno= $0,9975 A / (B - C)$ g/cm ³	2.640	2639.5
Densidad SSS = $0,9975B / (B - C)$ g/cm ³	2.662	2661.5
Densidad Aparente = $0,9975 A / (A - C)$ g/cm ³	2.669	2699.0
% Absorción = $(B - A) / A \times 100$	0.840	
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD VOLUMÉTRICA (MASA UNITARIA) Y VACÍOS EN AGREGADOS - NTC 92		
DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO	g/cm³	Kg/m³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.435	1435.233
Humedad, %	0.50	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1.428	1428.010
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	2.699	
% vacíos en los agregados sueltos, %	0.468	
DENSIDAD BULK EN ESTADO COMPACTO	g/cm³	Kg/m³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.526	1525.573
Humedad, %	0.50	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	1.518	1517.776
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	2.699	
% vacíos en los agregados sueltos, %	0.435	

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Donde:

A.- Masa en el Aire de la Muestra Seca, g

B.- Masa en el Aire de la Muestra SSS, g

C.- Masa en el Agua de la Muestra SSS, g

Para el ensayo de la resistencia al desgaste se suele iniciar, pesando la muestra en la Balanza digital, pasarla al secado por medio del horno o estufas adaptadas; posteriormente se elige la gradación adecuada de acuerdo a sus especificaciones (Tabla 15) y el tipo de esferas de acero para luego ser arrojada la muestra de agregado a la máquina de los ángeles.



Se pasa por tamizado el material extraído de la máquina, se vuelve a lavar, secar y pesar en la báscula, para finalmente, registrar los datos obtenidos.

Tabla 14. Ensayo de la resistencia al desgaste del agregado grueso

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS, UTILIZANDO LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES - SIN TRITURACIÓN -100 Y 1000 REVOLUCIONES EN SECO - NTC 93 y 98		
Condición de prueba	Seca	Seca
Gradación usada	B	B
Numero de esferas	11.0	11.0
Numero de revoluciones	100.0	500.0
P1: masa muestra seca antes del ensayo, g.	5000.0	5000.0
P2: masa muestra seca después del ensayo lavada sobre el tamiz no. 12, g	4803.0	3215.0
Perdida = p1 - p2, g	197.0	1785.0
% Pérdida = ((p1 - p2) / p1) x 100	3.9	35.7
ESPECIFICACIÓN		
Material ensayado	AGREGADOS PARA CONCRETO	
Especificación a aplicar	NTC 174	
Requisito de desgaste, %	≤ 50 %	

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Tabla 15. Datos sobre gradación, carga abrasiva y revoluciones.

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES. NTC 93-98								
Tamaños		Peso y gradación de la muestra, g.						
Pasa	Retenido	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 1/2"	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
2 1/2"	2"	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
2"	1 1/2"	-	-	-	-	2500 ± 50	5000 ± 50	-
1 1/2"	1"	1250 ± 25	-	-	-	-	5000 ± 25	5000 ± 50
1"	3/4"	1251 ± 25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
3/4"	1/2"	1252 ± 10	2500 ± 10	-	-	-	-	-
1/2"	3/8"	1253 ± 10	2500 ± 10	-	-	-	-	-
3/8"	1/4"	-	-	2500 ± 10	-	-	-	-
1/4"	N°4	-	-	2500 ± 10	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	5000 ± 10	-	-	-
Totales		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 50	10000 ± 75
No. De esferas		12.0	11.0	8.0	6.0	12.0	12.0	12.0
No. Revol.		500.0	500.0	500.0	500.0	1000.0	1000.0	1000.0

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

7.3.3.4 Curva Granulométrica del Agregado Grueso

Los límites inferiores y superiores se determinan según la Norma NTC-174. Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto. (Tabla 16).



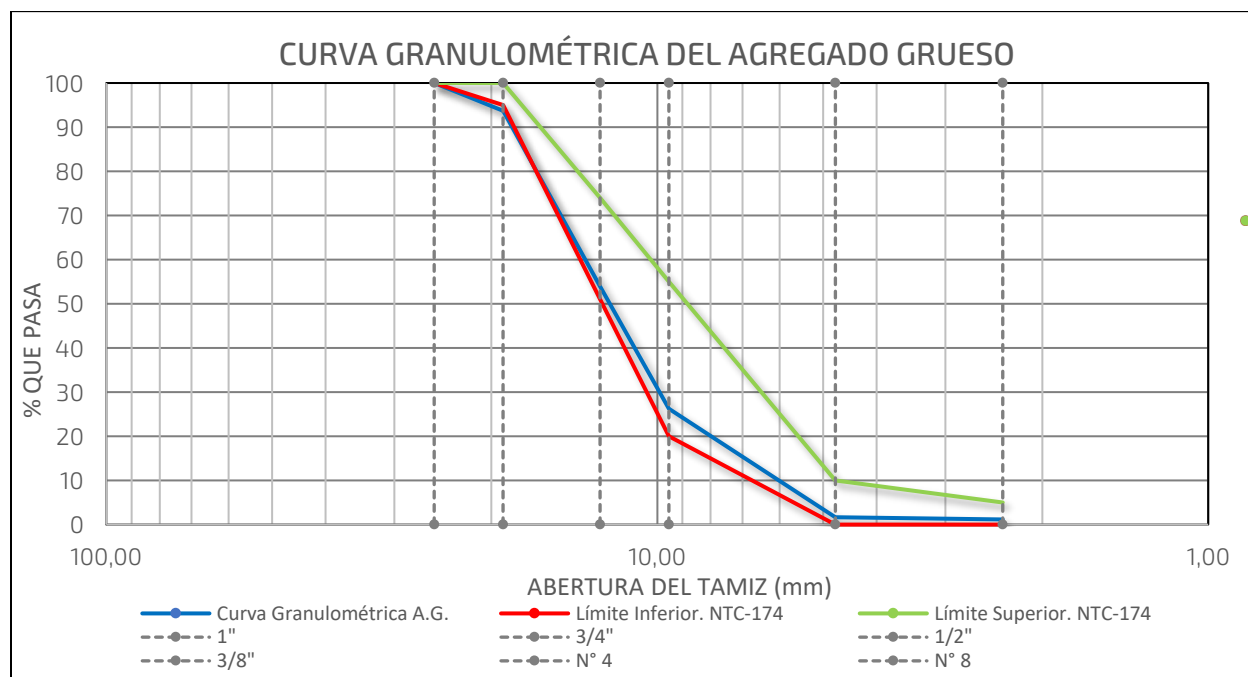
Tabla 16. Granulometría por Tamizado del Agregado Grueso – Grava de 1”.

AGREGADO GRUESO NTC-174							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso o Masa Retenida (grs)	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q' Pasa	Ag. N° 67- NTC-174	
						Lim. Inferior	Lim. Superior
1"	25.4	0.0	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.1	259.6	6.3	6.3	93.7	95.0	100.0
1/2"	12.7	1647.1	39.8	46.1	53.9	20.0	55.0
3/8"	9.525	1143.30	27.6	73.8	26.2	0.0	10.0
N° 4	4.75	1016.0	24.6	98.3	1.7	0.0	5.0
N° 8	2.36	21.1	0.5	98.8	1.2	-	-
Pasa N° 8 por Tamizado		0.0	0.0	98.8	1.2	-	-
Pasa N° 8 Total		48.1	1.2	100.0	1.16		
Peso Total (grs)		4135.20	1.16	100.0			

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

A continuación, se muestra la curva granulométrica del agregado Grueso – Grava de 1”.
(Gráfico. 6)

Gráfico 6. Curva Granulométrica del Agregado Grueso – Grava de 1”.



Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos INV. E-181. La grava que se utilizó para el presente trabajo, después de efectuados los análisis se clasificó como:

- e) Descripción General: Grava con menos de 5% de finos.
- f) Características: $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$



- g) Símbolo del Grupo: GP
h) Denominación del Grupo: Grava Mal Gradada

7.3.4 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso - escamas de plástico reciclado PET.

7.3.4.1 Ensayos Realizados al Agregado Grueso – Escamas de Polietileno Tereftalato PET.

- a) Análisis Granulométrico de los Agregados. NTC-77-78.
b) Método De Ensayo Para La Determinación De La Densidad Volumétrica (Masa Unitaria) Y Vacíos En Agregados – NTC-92 (Densidad Bulk en estado Suelto y Compactado). Los resultados, se pueden apreciar en la (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados Granulometría del Agregado Grueso-Escamas de Plástico Reciclado PET.

Granulometría del agregado Grueso: Escamas de Plástico Reciclado PET. NTC-77-78		
Tereftalato De Polietileno - PET		
Descripción	Datos técnicos	
Fuente (Cantera):	Planta de Reciclaje Furrexty	
Clasificación SUCS:	SUCS - GP	
Masas Muestra (g)		
Masa seca antes de lavado:	378.70	
Masa seca después de lavado:	378.70	
Pasa No. 200 Por Lavado:	0.0	
Porcentajes en muestra		
% De Grava:	N/A	
% De Arena:	N/A	
% Pasa No. 200:	N/A	
Módulo De Finura:	N/A	
Tamaño Máximo (TM):	3/4"	
Tamaño Máximo Nominal (TMN):	N/A	
Método de ensayo para la determinación de la densidad volumétrica (masa unitaria) y vacíos en agregados - NTC 92		
Densidad Bulk En Estado Suelto	g/cm ³	Kg/m ³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	0.248	248.286
Humedad, %	0.00	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	0.248	248.286
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	N/A	
% vacíos en los agregados sueltos, %	N/A	
Densidad Bulk En Estado Compacto	g/cm ³	Kg/m ³
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	0.315	314.976
Humedad, %	0.00	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	0.315	314.976
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	N/A	
% vacíos en los agregados sueltos, %	N/A	

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S



Las escamas de Plástico reciclado PET que fueron el resultado del proceso de recolección, selección y molienda de las botellas plásticas, son sometidas a un lavado estricto y secado en tolvas metálicas alimentadas por gas, para así liberar impurezas y posteriormente, obtener un material beneficiado óptimo para su tratamiento. Sus Partículas son de formas irregulares debido al resultado del proceso de trituración de las botellas plásticas; luego el material se pasa por diversos tamices empezando con el tamiz de 1" (25.4 mm), hasta el N°200 (0.075 mm). Las partículas se van reteniendo y registrando los datos según sus tamaños en la granulometría del agregado grueso plástico PET. (Tabla 18).

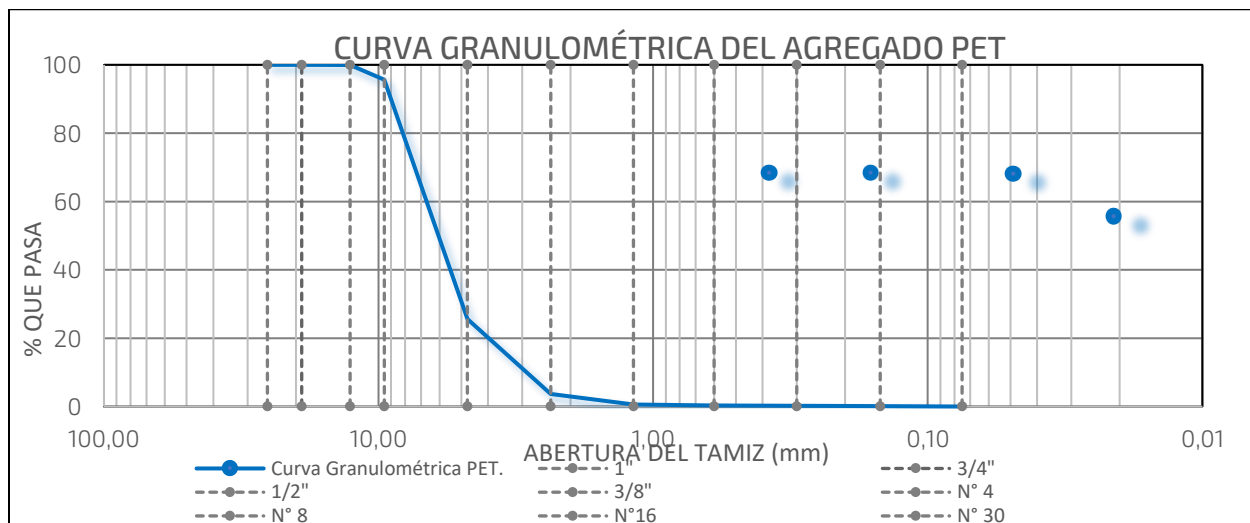
Tabla 18. Granulometría por Tamizado del Agregado Grueso – Escamas de Plástico Reciclado PET.

GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO – ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET. NTC-77-78		
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa
1"	25.40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.70	99.92
3/8"	9.53	95.67
N° 4	4.75	25.61
N° 8	2.36	3.67
N° 16	1.18	0.58
N° 30	0.60	0.34
N° 50	0.30	0.26
N° 100	0.15	0.13
N° 200	0.075	0.01
Pasa N° 200 por Tamizado	0.00	0.00
Pasa N° 200 Total	0.00	0.00

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S

Luego, se muestra la curva granulométrica del de Agregado Plástico PET. (Gráfico: 7)

Gráfico 7. Curva Granulométrica del Agregado Grueso – Escamas de Plástico Reciclado PET.



Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Laboratorio Geofísica S.A.S



7.4 RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

7.4.1 RESULTADOS AGREGADO GRUESO

7.4.1.1 Análisis Granulométrico De Los Agregados NTC 77-78 (2.018)

- Realizada la distribución de los tamaños de las partículas que componen al agregado grueso, a través del proceso de tamizado, se puede concluir en base al análisis realizado a la tabla y curva granulométrica obtenida, que se trata de una grava mal gradada debido a que su Coeficiente de Uniformidad (Cu) dio como resultado un factor de 2.0 y no es mayor a 4.0 como lo establece el criterio de clasificación en el laboratorio.
- En la curva granulométrica del agregado grueso, el material que pasa por la fracción de $\frac{3}{4}$ " se encuentra por fuera de la especificación Ag No 67. NTC 174 manejada por el Laboratorio Geofísica SAS, donde es importante mencionar que la curva granulométrica que describe la grava se encuentra en su gran mayoría dentro de las curvas de la especificación, sin embargo, no está dentro el 100%.
- Al comparar los resultados obtenidos con el Artículo 630 – 22 Concreto Estructural de las especificaciones generales de construcción de carreteras 2022 de INVÍAS (Instituto Nacional de Vías); se puede observar que el % que pasa de los tamices empleados cumplen o se encuentran dentro del rango establecido por esta especificación. (Tabla 19). Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural del Artículo 630 (INVÍAS, 2.013).

Tabla 19. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

Tipo de Gradación	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63 2.5"	50 2"	37.5 1 1/2"	25.0 1"	19.0 3/4"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 N°4	2.36 N°8
PORCENTAJE QUE PASA (%)									
AG-19	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
AG-25	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
AG-38	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
AG-50-1	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
AG-63-1	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
AG-50-2	-	100	95-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
AG-63-2	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Fuente. Elaboración Propia con base en datos de Cap. 6. Estructuras y Drenajes. Art. 630-4 INVÍAS



7.4.2 RESULTADOS AGREGADO FINO

7.4.2.1 Análisis Granulométrico De Los Agregados NTC 77-78

- a) Al revisar los resultados obtenidos del análisis granulométrico del agregado fino, específicamente la Curva granulométrica, se puede afirmar que este material en su gran mayoría se encuentra por fuera de la especificación manejada por el Laboratorio Geofísica SAS, que de acuerdo a la norma NTC 174, donde únicamente el material que pasa por las fracciones de los tamices N°4, N°8 y N°100 se encuentran dentro. (Tabla 20)

Tabla 20. Especificaciones. Tamices y porcentajes pasantes. Norma NTC 32 y ASTM (E-11)

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μ m	25 a 60
300 μ m	10 a 30
150 μ m	2 a 10

Fuente. Norma NTC 174. Capítulo 6, Numeral 6.1 (p.5).

- b) Este agregado fino se considera mal gradado debido a que al calcular su Coeficiente de Curvatura (Cc) y Coeficiente de Uniformidad (Cu) no cumplen simultáneamente con los parámetros establecidos, ya que para él (Cc) se obtuvo un valor de 1.15 y este se debe encontrar en el rango de 1-3 , lo cual se cumplió, sin embargo el valor de Cu que se obtuvo el cual fue de 2.20 no fue mayor a 6 que es lo establecido, por ende, al no cumplir simultáneamente los resultados, se considera la Arena como mal gradada.
- c) Al comparar los resultados obtenidos con el Artículo 630 – 22 Concreto Estructural de las especificaciones generales de construcción de carreteras 2022 de INVIAS (Instituto Nacional de Vías); se puede concluir que la gran mayoría de los porcentajes pasa de los tamices empleados no están dentro de los rangos establecidos en la Tabla 630 – 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural, solamente se encuentra dentro las fracciones de material que pasa por los tamices N°4, N°8, N°100 y N°200. Por ende, este material no cumple con la especificación y se debe ajustar para poder emplearlo para su dosificación.



7.4.3 RESULTADOS AGREGADO PLASTICO P.E.T

7.4.3.1 *Análisis Granulométrico Del Agregado Plástico Reciclado PET. NTC 77-78*

- a) Se analiza que el tamaño de las partículas que más predomina corresponde al tamaño de 4.75 mm; material que es retenido en su mayoría, en el tamiz N°4.
- b) Al realizar un diseño de mezcla de concreto con las escamas de plástico reciclado PET en reemplazo parcial del agregado grueso, se puede reducir su impacto ambiental aprovechando ambos materiales para la fabricación de elementos de mobiliario urbano.

7.5 DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL PARA 1 M³

Como punto de partida se procede a calcular la cantidad de material para 1 m³ de concreto convencional y se estima inicialmente con una F'c de 2.500 PSI o 17 Mpa, teniendo en cuenta el elemento de estudio como lo es el mobiliario urbano estándar, y 21 Mpa como requerimiento estructural para el diseño y fabricación de la banca. Adicionalmente los métodos empleados como en el libro de concreto simple y referentes estudiados en el estado del arte. Asumiendo que las mezclas de concreto con plástico PET, tienden a reducir la resistencia del concreto debido a que es un material ligero y compresible; se determinó usar un concreto convencional de una Resistencia Específica (F'c) de 22 Mpa, que equivale a 3.190 Psi o 224 Kg/cm².

7.5.1 Paso 1. Selección del Asentamiento SLUMP.

Según la metodología de Rivera (1992. P,167), se tomó como referencia una consistencia media plástica; con un asentamiento de 50mm-100mm, como se indica en la (Tabla 21), teniendo en cuenta que el sistema de colocación se realizará de forma manual.



Tabla 21. Asentamientos Recomendados para diversos tipos de construcción y sistemas de colocación y compactación.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy Húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

Fuente: Tabla 8.1, *Concreto Simple*, RIVERA (1992. P,167)

7.5.2 Paso 2. Estimación de agua.

Se determina el asentamiento en 8,9 cm (3-4”), y el tamaño máximo nominal (TMN) de la grava (3/4” o 19.05 mm) de acuerdo a la (Tabla 22); estimando la cantidad de agua a emplear en el diseño.

Tabla 22. Estimación de Agua según tamaño máximo nominal (TMN) y Asentamiento.

Asentamiento / Slump	Tamaño Máximo Nominal del Agregado (TMN) en milímetros y pulgadas							
	9,525 3/8"	12,7 1/2"	19,05 3/4"	25,4 1"	38,1 1 1/2"	50,8 2"	76,2 3"	101,6 4"
1" a 2"	207,0	199,0	190,0	179,0	166,0	154,0	130,0	113,0
3" a 4"	228,0	216,0	205,0	193,0	181,0	169,0	145,0	124,0
6" a 7"	243,0	228,0	216,0	202,0	190,0	178,0	160,0	0,0
Aire Atrapado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,05	0,03	0,02
1" a 2"	181,0	175,0	168,0	160,0	150,0	142,0	122,0	107,0
3" a 4"	202,0	193,0	184,0	175,0	165,0	157,0	133,0	119,0
6" a 7"	216,0	205,0	197,0	184,0	174,0	166,0	154,0	0,0
Aire Total (%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Normal	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Moderada	8,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Método para diseño de mezclas de concreto ACI 2.11.1

7.5.3 Paso 3. Cálculo de la Relación Agua-Cemento A/C (Por Resistencia F'cr)

(G. Rivera, 1.992. p,178), En referencia a la gráfica de “resistencia a la compresión vs A/C” (Gráfico 8) de su texto Concreto Simple, realiza la interpolación correspondiente a la resistencia a la compresión de referencia requerida = 22 Mpa (3.190,83 Psi) o 226 Kg/cm²; (2.400 Kg/m³), obteniendo como resultado una relación agua cemento A/C de 0,55. (p. 178). Por lo tanto, Se empleará para este caso, una relación de agua cemento de A/C = **0,55**.

Gráfico 8. Resistencia a la Compresión vs Relación Agua Cemento (A/C)

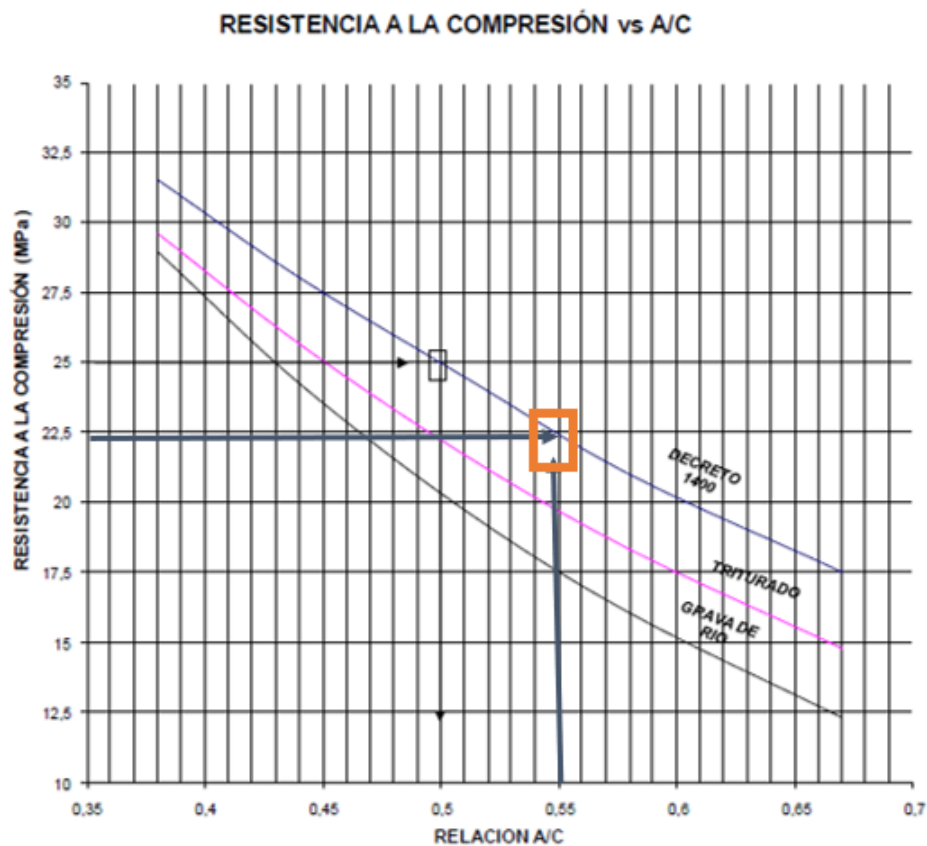


Figura N° 8.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Vs. A/C

Fuente: Elaboración propia con base en datos del gráfico de Resistencia a la compresión vs. A/C. (RIVERA.1.992, p,178)

7.5.4 Paso 4. Contenido de cemento para concreto convencional

Teniendo en cuenta la cantidad de agua estimada referenciada anteriormente en la (Tabla 21) (Tamaño Máximo Nominal del Agregado (TMN) en milímetros y pulgadas) y la relación agua cemento (A/C) se determinará la cantidad de cemento para un 1m³.

**Ecuación 5. Contenido de Cemento en Kg.**

$$\begin{aligned} & \text{C: Cemento} = \\ & \text{A: Agua / A/C: Relación agua cemento} \end{aligned} \quad \text{Cemento} = \frac{205 \text{ Kg}}{0,55} = 372,7 \text{ kg} \quad (5)$$

7.5.5 Paso 5. Determinación Porcentaje de Agregados

Se procede a realizar la Tabla de dosificación de agregados finos y gruesos con el método de Fuller (Tabla. 22), según estudios de granulometría; teniendo en cuenta el Tamaño Máximo del agregado que en este caso es de 1" (25.4mm). un método que se emplea para determinar el porcentaje optimo en masa, y buscar la combinación de los agregados que produzcan la máxima densidad o mínimo de vacíos, de tal forma que la granulometría en conjunto se adapte lo más cercanamente posible a la curva ideal, es el método de Fuller.

Teniendo en cuenta que el método de Fuller utiliza una mayor cantidad de agregado grueso, por ende, permite utilizar mayor cantidad de del agregado PET. Se decide utilizar este método.

Tabla 22. Tabla para dosificación por el Método de Fuller.

MALLA	FULLER				
	TAMAÑO MAXIMO (mm)				
Pulg.	76,1	50,8	38,1	25,4	19,1
3"	100,0				
2"	81,0	100,0			
1 ½"	69,8	86,1	100,0		
1"	56,5	69,6	80,8	100,0	
¾"	48,5	59,7	69,4	85,8	100,0
3/8"	33,4	41,1	47,8	59,0	68,8
No. 4	22,7	27,9	32,5	40,1	46,8
No. 8	15,2	18,6	21,6	26,7	31,2
No. 16	9,8	12,0	14,0	17,1	20,1
No. 30	6,0	7,3	8,6	10,5	12,4
No. 50	3,3	4,1	4,7	5,7	6,8
No. 100	1,4	1,7	2,0	2,4	2,8

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la tabla 5.1 (G. Rivera, año, p. 107)

De acuerdo con los datos obtenidos de las granulometrías, se procede a realizar la dosificación por el Método Gráfico-Cuadro de Fuller (Gráfico. 9), donde se obtuvo como resultado, una dosificación de 40% de arena y 60% de grava.



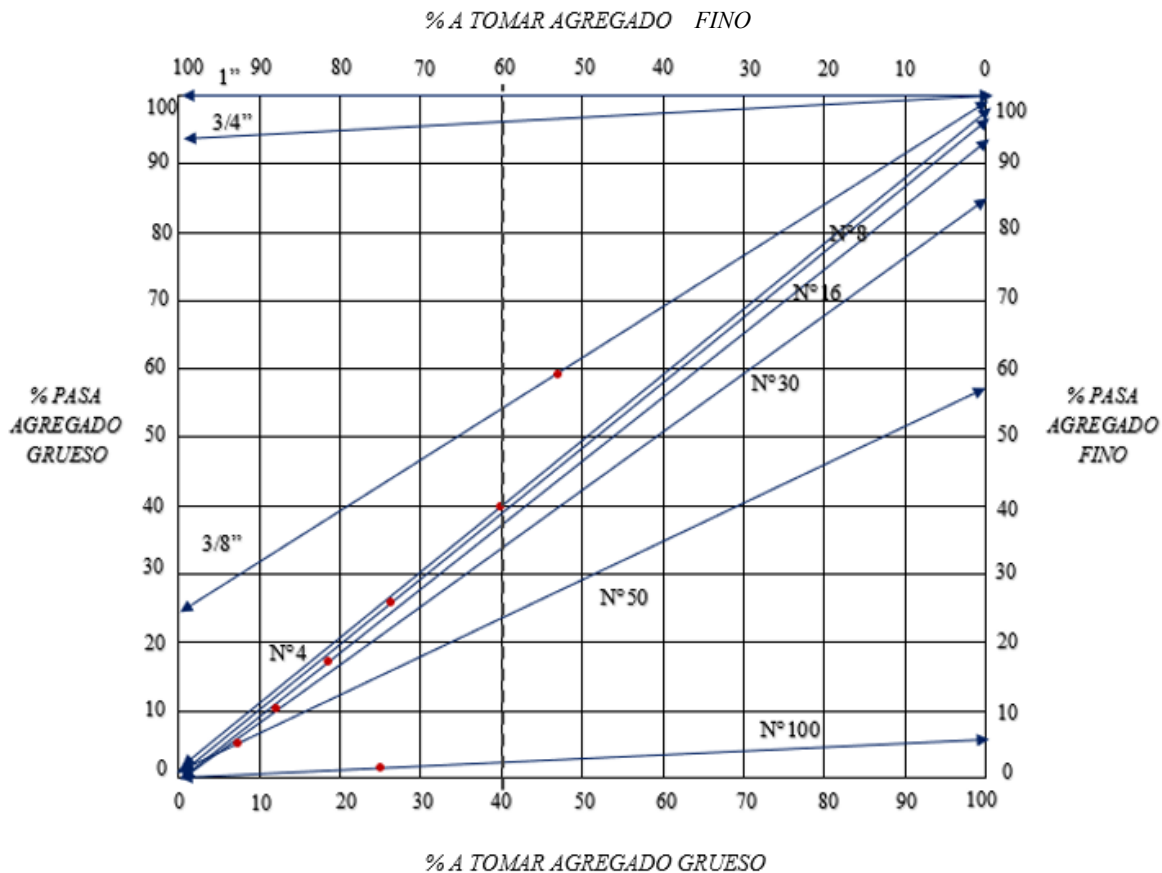
Curva Ajustada:

Fuller (%Pasa):

Agregado Fino = 40%

Agregado Grueso = 60%

Gráfico 9. Método Gráfico. Cuadro de Dosificación con base en Método de Fuller.



Fuente. Elaboración propia

NOTA: La línea punteada vertical que se trazó en los cuadros de Dosificación presentados anteriormente para estimar las proporciones a combinar el agregado grueso y fino, se tomó en base a las proporciones trabajadas de manera práctica en el Laboratorio de Geofísica S.A.S durante la elaboración de ensayo o prueba de Mezcla.

Según resultados del cuadro de dosificación y los datos obtenidos de la granulometría, se procede a realizar los ajustes corregidos de la curva de Fuller, para el análisis de dosificación de los agregados que se presentan a continuación, como se expresa en la (Tabla. 23). Los siguientes ajustes se realizaron bajo las sugerencias del director de la investigación.



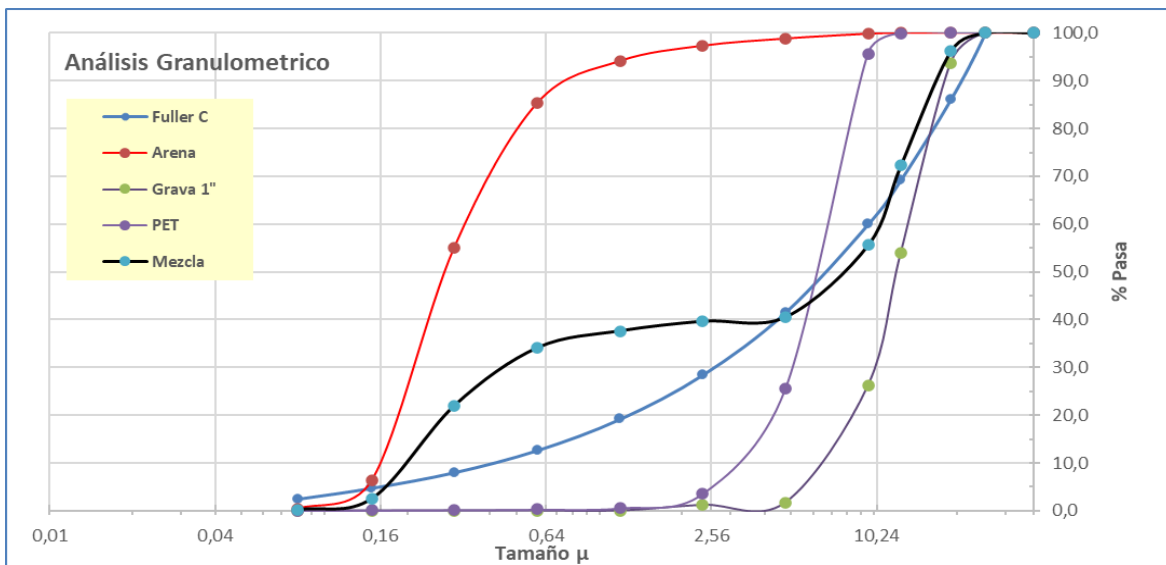
Tabla 23. Granulometría de Porcentajes pasantes de materiales con la Curva de Fuller corregida.

TAMIZ		% que pasa				Mezcla
Pulg. /(#)	mm	Fuller C Fuller 38,1	Arena 40,0%	Grava 1" 60,0%	PET 0,0%	
1½"	38,10	123,17	100,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
¾"	19,00	86,07	100,00	93,72	100,00	100,00
½"	12,50	69,22	100,00	53,90	99,90	99,90
3/8"	9,51	59,98	99,80	26,20	95,70	95,70
# 4	4,76	41,53	98,80	1,70	25,60	25,60
# 8	2,38	28,45	97,30	1,20	3,60	3,60
# 16	1,19	19,21	94,10	0,00	0,60	0,60
# 30	0,60	12,67	85,30	0,00	0,30	0,30
# 50	0,30	8,04	55,10	0,00	0,20	0,20
# 100	0,15	4,79	6,40	0,00	0,10	0,10
# 200	0,08	2,49	0,40	0,00	0,00	0,00
		6,44	2,63	5,99		6,74

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se presenta el (Gráfico. 10) donde se observan las curvas granulométricas de los agregados, curva de Fuller corregida y la mezcla final, con la proporción de 40% de arena y 60% de agregado grueso y 0% de PET.

Gráfico 10. Curva Granulométrica de la Dosificación 40% Arena y 60% de Grava.



Fuente: Elaboración propia

Resultado en el que se puede ver un desfase de las curvas del agregado grueso y fino debido a la mala gradación de los mismos; razón por la que posteriormente se efectuaron correcciones a las mezclas elaboradas.

**7.5.6 Paso 6. Cálculo de la Masa de los agregados, para 1 m³ de concreto convencional.**

Para calcular la masa total de los agregados; se obtiene tomando el peso de referencia de 1m³ de concreto que es (2.400kg/m³), y se resta la cantidad de cemento (372,7 Kg), y agua que es de (205 Kg); Procedimiento realizado según indicaciones del director de la investigación.

Ecuación 6. Masa de Agregados

$$\begin{aligned} \text{Masa.} & & \text{Masa Agregados} &= \text{peso concreto} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \text{Agua} - \text{Cemento} \\ \text{Agregados} & & & \\ & & \text{Masa Agregados} &= 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 205 \text{ Kg} - 372,7 \text{ kg} = \mathbf{1822,27 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (6)$$

7.5.6.1 Paso 6.1. Cantidad en peso del 40 % de arena**Ecuación 7. Cantidad en peso del 40% de Arena**

$$\begin{aligned} 40\% & & \text{Cant. arena} &= \frac{\text{Masa de agregados} * \% \text{ de agregado fino (segun dosificación)}}{100} \\ \text{Cant.de} & & & \\ \text{Arena} & & \text{Cant. arena} &= \frac{1822,27 \text{ kg} * 40\%}{100} = \mathbf{728,9 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (7)$$

7.5.6.2 Paso 6.2. Cantidad en peso del 60 % de grava.**Ecuación 8. Cantidad en peso del 60% de Grava**

$$\begin{aligned} 60\% & & \text{Cant. grava} &= \frac{\text{Masa de agregados} * \% \text{ de agregado grueso (segun dosificación)}}{100} \\ \text{Cant.de} & & & \\ \text{Grava} & & \text{Cant. grava} &= \frac{1822,27 \text{ kg} * 60\%}{100} = \mathbf{1093,4 \text{ kg}} \end{aligned} \quad (8)$$

Teniendo en cuenta lo anterior, se muestran las cantidades requeridas para 1 m³ de concreto convencional (Tabla 24).

Tabla 24. Presentación del diseño en estado seco para 1 m³ de concreto

Material	Und	Cantidad	Proporción en masa
Cemento	KG	372,7	1
Arena	KG	728,9	2
Grava	KG	1093,4	2,93
Agua	KG	205	0,55
Σ Peso Concreto	Kg/m ³	2.400	

Fuente: Elaboración propia

Donde:



Proporción Agua = Relación Agua / Cemento (A/C) = **0.55**.

Proporción Cemento = Masa Cemento / Masa del cemento = $372.7\text{kg} / 372.7\text{kg} = 1.0$

Proporción Arena = Masa Agregado Fino / Masa del cemento = $728.9\text{kg} / 372.7\text{kg} = 1.96$

Proporción Grava = Masa Agregado Grueso / Masa del cemento = $1.093,4\text{kg} / 372.7\text{kg} = 2.93$

Dosificación = **0.55: 1: 2: 3**.

7.5.7 Paso 7. Calculo Humedad (% w) de los agregados Finos y Gruesos

En base a la norma INVIAS (2.023, E, 122), se procede determinar la humedad y la absorción que tienen los materiales antes realizar la mezcla, para ello se tomó una muestra representativa y se procedió a calcular la humedad y la absorción de la grava y la arena registrados en la (Ecuación 9).

Ecuación 9. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W)

Fórmula para cálculo de humedad (%W)	P1: "Peso del recipiente + peso muestra humedad"	$\text{Humedad}(W) = \frac{P1 - P2}{P2 - P3} * 100 \quad (9)$
	P2: "Peso del recipiente + peso muestra seca"	
	P3: Peso del recipiente	

$(P1-P2$ "Se obtiene la cantidad de agua") / $(P2-P3$ "se obtiene muestra de la masa") 100.

Se procede a tomar una muestra representativa de grava y se obtiene los siguientes datos

Ecuación 10. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W) de la Grava

P1: 740,8 kg	$W_{grava} = \frac{740,8\text{kg} - 733,5\text{kg}}{733,5\text{kg} - 79,5\text{kg}} * 100 = 1,2 \quad (10)$
P2: 733,5 kg	
P3: 79,5 kg	

Se procede a tomar una muestra representativa de la arena y se obtiene los siguientes datos:

Ecuación 11. Cálculo de Porcentaje de Humedad (%W) de la Arena

P1: 399,8 kg	$W_{arena} = \frac{399,8\text{kg} - 383,3\text{kg}}{383,3\text{kg} - 66,1\text{kg}} * 100 = 5,2 \quad (11)$
P2: 383,3 kg	
P3: 66,1kg	

**7.5.8 Paso 8. Porcentaje de Absorción (% ABS) de los agregados finos y gruesos.**

Con base en norma INVIAS (2.023, E, 223. Numeral 8.4), Se obtiene el porcentaje de absorción del agregado grueso se toman los datos de los estudios de densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregados gruesos y finos, como se muestra a continuación. (Ecuación 12)

Ecuación 12. Cálculo de % de Absorción (% ABS) de Agregado Grueso

$$\begin{aligned} B &= \text{masa en el aire de la muestra SSS (gm)} \\ A &= \text{masa en el aire de la muestra seca (gm)} \end{aligned} \quad \% \text{ ABS} = \frac{B - A}{A} * 100 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ ABS} &= \frac{2145,5 - 2128}{2128} * 100 = 0,80 \\ \% \text{ ABS} &= \frac{2570,7 - 2548,7}{2548} * 100 = 0,86 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Promedio} \\ \% \text{ ABS} = \\ \mathbf{0,84} \end{array}$$

Ver (Anexo F) Densidad relativa (Gravedad Específica) y Absorción de agregados gruesos. Laboratorio Geofísica S.A.S.

Ecuación 13. Cálculo de % de Absorción (% ABS) de Agregado Fino

$$\begin{aligned} S &= \text{masa en el aire de la muestra SSS (gm)} \\ A &= \text{masa en el aire de la muestra seca (gm)} \end{aligned} \quad \% \text{ ABS} = \frac{S - A}{A} * 100 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \% \text{ ABS} &= \frac{501,9 - 490,0}{490,0} * 100 = 2,42 \\ \% \text{ ABS} &= \frac{505,5 - 488,8}{488,8} * 100 = 2,39 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Promedio} \\ \% \text{ ABS} = \\ \mathbf{2,41} \end{array}$$

Ver (Anexos D y F) Densidad relativa (Gravedad Específica) y Absorción de agregado Fino. Laboratorio Geofísica S.A.S. A continuación, se presenta el Cálculo de proporciones iniciales (Tabla 25), teniendo en cuenta la densidad, tamaño máximo nominal, porcentajes de los agregados datos para realizar los ajustes absorción y humedad para ajustes finales de agua en la mezcla.

Tabla 25. Cálculo de proporciones iniciales.

Material	gms/cm ³	Densidad Bulk (Kg/m ³)	T.M.	T.M. N	(%) a tomar	(%) ABS	(%) w
Cemento	3,15	-	-	-	-	-	-
Agua	1	-	-	-	-	-	-
A Fino	2.575	1.246,811	1/2"	3/8"	40%	2.42	5.20%
A Grueso	2.640	1.428,01	1"	3/4"	60 %	0,84	1.12 %

Fuente: Elaboración propia

**7.5.8.1 Paso 8.1. Consideraciones De Dosificación**

- a) Tipo de Obra: Mobiliario urbano ecológico basado en el sistema constructivo en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET en la ciudad de Popayán
- b) Colocación: manual.
- c) Asentamiento: entre de 8.0 cm a 10.0 cm.
- d) Consistencia: Media Plástica
- e) Uniformidad Concreto: Buena
- f) Resistencia del elemento estructural: 21 Mpa o 3.045 psi (214 Kg/cm²)
- g) Resistencia Obtenida: 25 Mpa o 3.763 psi (254 Kg/cm²)

7.5.9 Paso 9. Corrección por humedad y absorción de la mezcla para 1 m³ de Concreto**7.5.9.1 Paso 9.1. Ajuste de humedad (W) para 1 m³ de Concreto****Ecuación 14. Fórmula para obtener la Humedad (SW) de la arena.**

$$\begin{aligned} \text{Humedad (W) de la arena} &= \text{peso humedo de arena kg} \\ &= \text{Masa total de arena} * \frac{1 + W \text{ Humedad de la arena}}{100} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{peso humedo de arena kg} = 728,9 \text{ kg} * \frac{1 + 5,2}{100} = 766,825 \text{ kg}$$

Ecuación 15. Fórmula para obtener la Humedad (GW) de la Grava.

$$\begin{aligned} \text{Humedad (W) de la Grava} &= \text{peso humedo de grava kg} \\ &= \text{Masa total de grava} * \frac{1 + W \text{ Humedad de la grava}}{100} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\text{peso humedo de la grava kg} = 1093,36 \text{ kg} * \frac{1 + 1,12}{100} = 1105,56 \text{ kg}$$

7.5.9.2 Paso 9.2. Ajuste de absorción (ABS) para 1 m³ de Concreto**Ecuación 16. Fórmula para obtener la Absorción (ABS) de la arena.**

$$\begin{aligned} \text{Absorción (ABS) de la arena AF} &= \% \text{ ABS AF} = \frac{\text{Masa de la arena} * \% \text{ de ABS arena}}{100} \\ &= \frac{728,9 * 2,41}{100} = 17,575 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (16)$$

Ecuación 17. Fórmula para obtener la Absorción (ABS) de la Grava.

$$\begin{aligned} \text{Absorción (ABS) de la Grava AG} &= \% \text{ ABS AG} = \frac{\text{Masa de la grava} * \% \text{ de ABS grava}}{100} \\ &= \frac{1093 * 0,84}{100} = 9,137 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (17)$$

**7.5.10 Paso 10. Cálculo del Agua efectiva para 1 m³ de Concreto****Ecuación 18. Cálculo del Agua efectiva para 1 m³ de Concreto**

$$\begin{aligned} \text{Cantidad Total Agua} &= \text{Masa Total de agua} + \sum \%ABS - (\text{Peso humedo AF} - \text{Peso Seco AF}) \\ &\quad - (\text{Peso humedo AG} - \text{Peso Seco de AG}) \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} T. \text{ Agua} &= 205 \text{ Kg} + 26,71\% - (766,825 \text{ kg} - 728,9 \text{ kg}) - (1105,5 \text{ kg} - 1093,3 \text{ kg}) \\ &= \mathbf{181,6 \text{ Kg/m}^3} \end{aligned}$$

Donde:

$\sum \% \text{ ABS AF y AG}$ = Sumatoria del porcentaje de Absorción de la Arena y la Grava.

AF = Agregado Fino (Arena)

AG = Agregado Grueso (Grava)

Tabla 26. Cantidad de materiales y corrección por humedad de la mezcla para 1 m³ de Concreto

Material	Und	Cantidad KG	Proporción en masa
Cemento	Kg	372,7	1.0
AF	Kg	766,8	2,05
AG	Kg	1105,6	2,96
Agua	Kg	181,6	0,55

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Proporción Agua = Relación Agua / Cemento (A/C) = **0.55**.

Proporción Cemento = Masa Cemento / Masa del cemento = 372.7kg / 372.7kg = **1.0**

Proporción Arena = Masa Agregado Fino / Masa del cemento = 766.8kg / 372.7kg = **2.05**

Proporción Grava = Masa Agregado Grueso / Masa del cemento = 1.105,6kg / 372.7kg = **2.96**

Dosificación = **0.55: 1: 2: 3**.

Nota. Los anteriores ajustes de agua se realizaron bajo la coordinación de laboratorio Geofísica S.A.S, en la ciudad de Popayán, incluyendo fórmulas para calcular el agua efectiva para la mezcla.

Para poder determinar la cantidad de materiales para el diseño de mezcla (Tabla. 27), se procede a realizar el siguiente cálculo:

Ecuación 19. Cantidad de materiales para el diseño de mezcla.

$$\begin{aligned} &\text{Cant. materiales para } 1\text{m}^3 \text{ Concreto con Corr de Hum} * \\ \text{Vol. Materiales Para mezclas (incluye slump)} &= \text{Cant. materiales Diseño de Mezcla} \end{aligned} \quad (19)$$

**Tabla 27. Materiales para diseño de mezcla. Prueba 1. Muestra Patrón**

Cantidad de materiales para prueba 1, muestra patrón. (18 cilindros de 4", edades 3, 7, 28 Días)						
Material	Und	Cantidad materiales para 1m3 con Ajuste de humedad	Vol. Materiales Para mezclas (incluye slump)	cantidad de materiales para diseño de mezcla	Desperdicio de 10%	Total, cantidad de materiales para diseño de mezcla
Cemento	Kg	372,7	0,033 m3	12,29 kg	1,22	13,51 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,033 m3	25,30kg	2,53	27,83 kg
AG (60%)	Kg	1105,6	0,033 m3	36,48kg	3,64	40,12 kg
Agua	Kg	181,6	0,033 m3	5,99kg	0,59	6,58 kg

Fuente: Elaboración propia

7.6 DISEÑO DE CONCRETO NO CONVENCIONAL CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET AL 5% Y 7% PARA ENSAYOS A LA COMPRESIÓN.

A continuación, se presenta de manera resumida, los cálculos para establecer la cantidad de materiales que se requieren para el diseño de mezcla de concreto hidráulico, con adición de plástico PET en reemplazo parcial del 5% y 7% sobre la masa total del Agregado Grueso. (Tabla. 28).

Tabla 28. Masa de PET en reemplazo del agregado grueso al 5% y 7%.

DOSIFICACIÓN CONCRETO CON REEMPLAZO DEL 5% PET SOBRE EL A. G	
Especificación Concreto (Kg/m ³)	2.400
Materiales	Cantidades
Cemento (Kg)	372.7
Agua (Kg)	205.0
Arena 40 % (Kg)	728.9
Grava 55% (Kg)	1.002,3
PET 5% en Reemplazo de Grava (Kg)	91.1
Total (Kg)	2.400
Masa Total de Agregados: 2.400 kg – 372.7 Kg – 205 kg =	1.822,3
Hay que conocer el volumen que ocupa 91.1 kg de Grava en 1m ³ de concreto	
Peso Unitario Compactado (PUC) Grava (Kg/m ³)	1.517,8
Determinar el volumen de grava a reemplazar por el volumen de pet: 91.1 (kg) / 1.517,8 (Kg/m ³) = 0.060031 m ³	
Vol. Grava a Reemplazar por Vol. Pet (m ³)	0.060031
(Masa= Densidad *volumen) PET=(PUC) PET (kg/m ³) 315.0 kg X Vol. Grava a Reemplazar por Vol. Pet (m ³)	
0.060031m ³ = 18.9 Kg / m ³	
Masa PET kg/m ³	18.9
Peso Total de Concreto hidráulico con remplazo de PET (5%): Σ = 372.7 kg cemento + 205.0 kg agua +728.9 kg arena + 1.002,3 kg grava + PET 18.91kg	2.327,8
DOSIFICACIÓN CONCRETO CON REEMPLAZO DEL 7% PET SOBRE EL A. G	
Especificación Concreto (Kg/m ³)	2.400
Materiales	Cantidades
Cemento (Kg)	372.7
Agua (Kg)	205.0



Arena 40 % (Kg)	728,9
Grava 53% (Kg)	965,8
PET 7% en Reemplazo de Grava (Kg)	127,6
Total (Kg)	2.400
Masa Total de Agregados: 2.400 kg – 372.7 Kg – 205 kg =	1.822,3
Hay que conocer el volumen que ocupa 127,6 kg de Grava en 1m ³ de concreto	
Peso Unitario Compactado (PUC) Grava (Kg/m ³)	1.517,8
Determinar el volumen de grava a reemplazar por el volumen de pet: 127.6 (kg) / 1.517,8 (Kg/m ³) = 0.08404 m ³	
Vol. Grava a Reemplazar por Vol. Pet (m ³)	0.08404
(Masa = Densidad *volumen) PET: (PUC) PET (kg/m ³) 315.0 kg x Vol. Grava a Reemplazar por Vol. Pet (m ³) 0.08404 m ³ = 26.47 Kg/m³	
Masa PET kg/m ³	26.47
Peso Total de Concreto hidráulico con remplazo de PET (5%): $\Sigma = 372.7 \text{ kg cemento} + 205.0 \text{ kg agua} + 728.9 \text{ kg arena} + 965,8 \text{ kg grava} + \text{PET } 26.47\text{kg}$	2.298,9

Fuente: *Elaboración propia*

Según los datos anteriores, el porcentaje de PET respecto a la masa total de los agregados; correspondería a:

- a) 18,91 kg es igual a 1,04 % de pet de la masa total de los agregados
- b) 26,47 kg es igual a 1,48 % de pet de la masa total de los agregados

7.6.1 Materiales para diseño de mezcla de concreto (Reemplazo parcial de AG con 5% y 7% de PET)

Tabla 29. Cantidad de materiales (Reemplazo 5% y 7% PET) sobre el Agregado Grueso.

Cantidad de materiales- Prueba 2, (27 cilindros de 4", edades 3, 7, 28) remplazo de AG con 5% de PET						
Material	Und	Cantidad materiales para 1m ³ con Ajuste de humedad	Vol. Materiales Para mezclas (incluye slump) m ³	cantidad de materiales para diseño de mezcla	Desperdicio de 10%	Total, cantidad de materiales para diseño de mezcla
Cemento	Kg	372,7	0,048	17,88kg	0,17	18,07 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,048	36,80kg	3,68	40,48 kg
AG (55%)	Kg	1013,4	0,048	48,64 kg	4,86	53,50 kg
Agua	Kg	181,6	0,048	8,71 kg	0,87	9,58 kg
PET (5%)	Kg	18,9	0,048	0,90 kg	0,090	0,99 kg
Cantidad de materiales - Prueba 3, (27 cilindros de 4", edades 3, 7, 28) remplazo de AG con 7% de PET						
Cemento	Kg	372,7	0,048	17,88 kg	0,17	18,07 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,048	36,80kg	3,68	40,48 kg
AG (53%)	Kg	976,6	0,048	46,87 kg	4,68	51,55 kg
Agua	Kg	181,6	0,048	8,71 kg	0,87	9,58 kg
PET (7%)	Kg	26,4	0,048	1,24 kg	0,12	1,36 kg

Fuente: *Elaboración propia*

El procedimiento a seguir consiste, en el cálculo de materiales para el diseño de mezcla de 27 especímenes de 4" (cilindros de 100mm * 200mm), reemplazando parcialmente el agregado



grosso, con porcentajes del 5% y 7% de PET; teniendo en cuenta el porcentaje de desperdicio y el Asentamiento “Slump” de las mezclas. (Tabla. 30)

7.7 DISEÑO DE CONCRETO PARA ENSAYOS A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR HENDIMIENTO A LOS 28 DIAS.

7.7.1 Prueba 1. Cantidades de materiales para concreto hidráulico convencional (Muestra Patrón) para Ensayos a Tracción Indirecta.

En este caso, se realiza el cálculo de materiales para el diseño de mezcla de 6 especímenes de 6” (cilindros de 150mm * 300mm), Muestra Patrón, y adicionalmente, reemplazando parcialmente el agregado grueso, con porcentajes del 5% y 7% de PET; teniendo en cuenta el porcentaje de desperdicio del 10% y el Asentamiento “Slump” de las mezclas. (Tabla. 30)

Tabla 30. Cálculo de materiales ajustado para diseño de mezcla - Prueba 1,2,3

Cantidad de materiales - Prueba 1 Muestra Patrón. (6 cilindros de 6”, edades 28 días)						
Material	Und	Cantidad materiales para 1m3 con Ajuste de humedad	Vol. Materiales Para mezclas (incluye slump) M ³	Cantidad de materiales para diseño de mezcla	Desperdicio de 10%	Total, cantidad de materiales para diseño de mezcla
Cemento	Kg	372,7	0,043	16,02 kg	1,60 kg	17,62 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,043	32,97kg	3,29 kg	36,26 kg
AG (60%)	Kg	1105,6	0,043	47,54kg	4,75 kg	52,29 kg
Agua	Kg	181,6	0,043	7,80kg	0,78 kg	8,58 kg
Cantidad de materiales - Prueba 2 Reemplazo de AG con 5% de pet (6 cilindros de 6”, edades 28 días)						
Cemento	Kg	372,7	0,043	16,02 kg	1,60 kg	17,62 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,043	32,97kg	3,29 kg	36,26 kg
AG (55%)	Kg	1013,4	0,043	43,57kg	4,35 kg	47,92 kg
Agua	Kg	181,6	0,043	7,80kg	0,78 kg	8,58 kg
PET (5%)	Kg	18,9	0,043	0,81 kg	0,081 kg	0,89 kg
Cantidad de materiales - Prueba 3 Reemplazo de AG con 7% de pet (6 cilindros de 6”, edades 28 días)						
Cemento	Kg	372,7	0,043	16,02 kg	1,60 kg	17,62 kg
AF (40%)	Kg	766,8	0,043	32,97kg	3,29 kg	36,26 kg
AG (53%)	Kg	976,6	0,043	41,99 kg	4,19 kg	46,18 kg
Agua	Kg	181,6	0,043	8,71 kg	0,87 kg	9,58 kg
PET (7%)	Kg	26,4	0,043	1,13 kg	0,11 kg	1,24 kg

Fuente: Elaboración propia.



7.8 RESULTADOS DISEÑO DE CONCRETO CONVENCIONAL Y CON ADICIÓN DE PET AL 5% 7%

- a) Para el diseño de mezcla de concreto hidráulico se emplearon 3 porcentajes de PET, uno en el que no se manejaría plástico (0% de PET), otro con el 5% y el último con 7%, donde para cada diseño se realizaron los respectivos cálculos para conocer las cantidades de materiales por peso a fabricar. El reemplazo de los porcentajes de plástico reciclado se efectuó sobre la masa total de la grava.
- b) Se procedió a corregir el ajuste por humedad, ya que los materiales de agregado grueso (grava) y agregado fino (arena) contienen cierto porcentaje de humedad que adiciona agua a la mezcla, por esa razón, se determinó el aporte de agua de los agregados para así conocer el agua efectiva de trabajo, con la cual se realizó la mezcla.
- c) Para la dosificación se tuvo como referencia la curva de Fuller; para un concreto convencional como primera dosificación, se tuvo un porcentaje de 30% de arena y 70% de grava y una relación agua cemento de 0,55; posteriormente se realizó el ajuste de agua teniendo en cuenta la humedad y absorción de los materiales y se realizó la mezcla de prueba, donde se pudo observar una deficiente apariencia de esta, y tampoco cumplió con el asentamiento deseado.

7.9 RESULTADOS AL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 3, 7 Y 28 DIAS.

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla (Anexo. G). La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal de área del espécimen. (NTC-673. 2021. p2. Núm. 3.1)

Los resultados de este método de ensayo son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto, determinación del cumplimiento de las especificaciones, control para la evaluación de la efectividad de aditivos; y usos similares. (NTC-673. 2021. p2. Núm. 4.3). Con respecto al equipo utilizado, se procedió a efectuar este procedimiento en la máquina de ensayo de las instalaciones de la empresa Geofísica

S.A.S. Esta cuenta con una capacidad suficiente y velocidad de carga prescrita según la normatividad colombiana. Ver (Anexo. H) Certificado de Calibración de los equipos.

Tabla 31. Equipo utilizado Ensayo a la compresión de Cilindros de Concreto



Fuente: Elaboración propia. Laboratorio Geofísica S.A.S

El ensayo se realizó a los especímenes, inmediatamente después de ser extraídos del cuarto de curado; en este caso no se usaron los tanques de curado del laboratorio. Este procedimiento se repitió a todos los especímenes correspondientes a los cilindros de 4” (100mm *200mm), con edades de curado a los 3, 7, 28 días y con dosificaciones de Concreto al 100%, Concreto y PET al 5% y finalmente, Concreto y PET al 7%. La fabricación de los especímenes se realizó entre el 12 al 15 de diciembre de 2.022 y sus posteriores rupturas se especifican en los siguientes análisis resumidos.

7.9.1 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto Patrón.

Tabla 32. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto Patrón.

Datos	Resultados		
	1	2	3
Muestra N°:		2	3
Cant. de Cilindros:		18	
Fecha de fabricación:		12/12/2022	
Edad-Días de curado:	3	7	28
Fecha de ensayo:	15/12/2022	19/12/2022	09/01/2023
Resistencia a compresión-promedio [Mpa]:	8.34	17.14	25.95
Resistencia probable a 28 días [Mpa]:	22.94	24.49	25.95
Resistencia Especificada: [Kg/cm²]:		224.33	
[Psi]:		3190.84	
[Mpa]:		22	
Resistencia Elemento Estructural: Banca		214.14	
[Kg/cm²]:		3.000	
[Psi]:		21	
[Mpa]:			

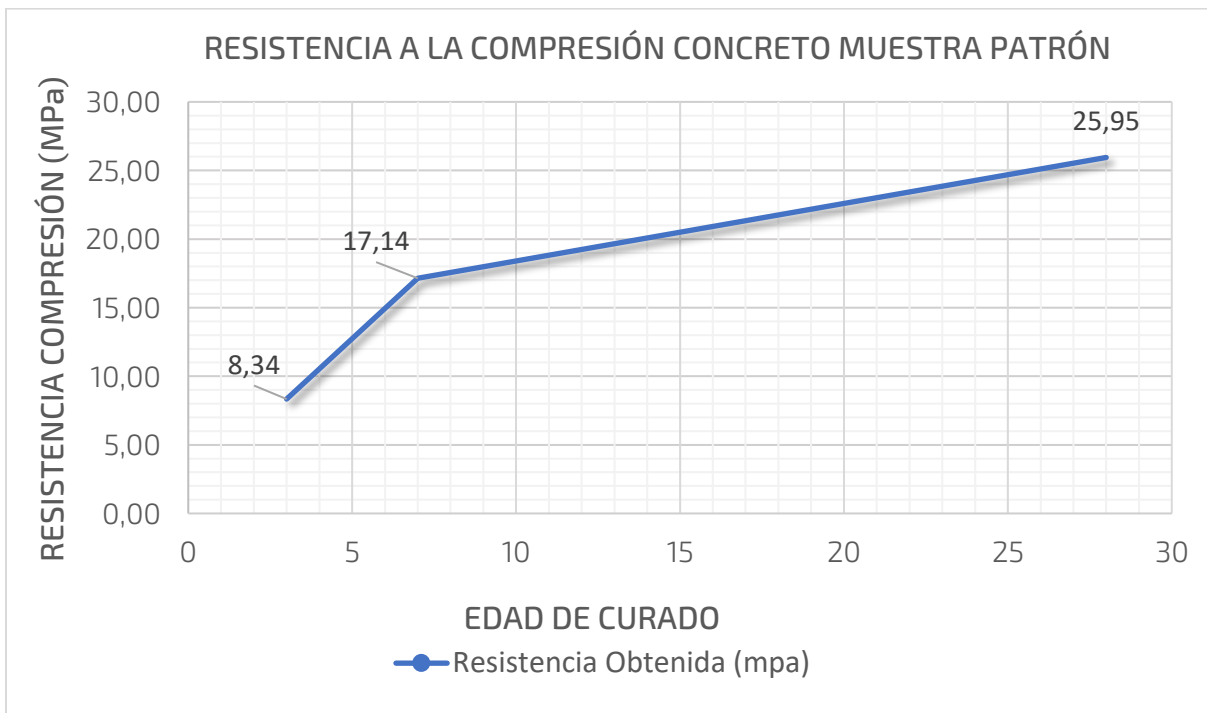


Resistencia lograda a los 3, 7 y 28 días [Mpa]:	8.34	17.14	25.95
Slump [cms]:	8.90	8.90	8.90
Slump Promedio [cms]:		8.90	
Promedio del Tipo de Falla:	4	3	3

Fuente: Elaboración propia

Para el concreto convencional (Tabla.32), que sirvió como referente para el diseño de mezclas de concreto con 5% y 7%, se cumplieron todas las expectativas. Para más detalles, ver Planilla Ensayos a la Compresión (Anexos. I, J, K). Inicialmente porque se diseñó para que su resistencia fuera mayor que la de un concreto tradicional para la fabricación de un mobiliario en concreto habitual. Es decir, que el concreto de un mobiliario convencional oscila en los 2.500 Kg/cm², el exigido para la banca es de 3.000 Kg/cm², mientras que el diseñado en la presente investigación, alcanzó los 3.190 Kg/cm². (Gráfico.11)

Gráfico 11. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto Patrón.



Fuente: Elaboración propia

A razón de lo anterior, se realiza un diseño de mezcla con un factor de resistencia superior, para que, al adicionar al concreto las escamas de plástico PET, este, a pesar de reducir su resistencia; aún fuese estable en esta prueba, y logre los requerimientos para su uso en este tipo de elementos constructivos.



7.9.2 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto con 5% de PET.

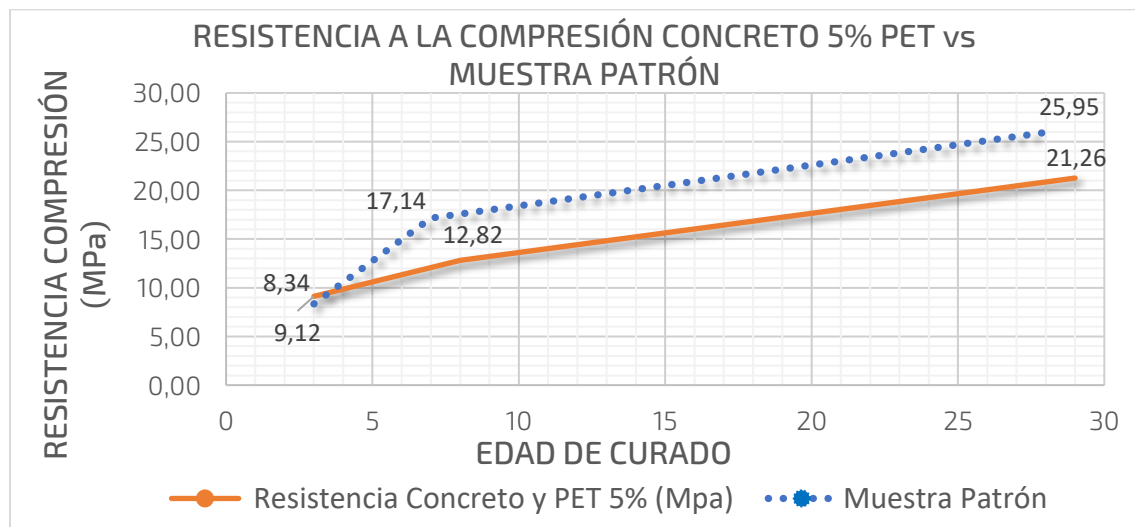
Inicialmente, el progreso de la resistencia lograda de la muestra de Concreto con PET al 5% (Tabla. 33), frente al Concreto Convencional, fue mayor a los 3 días de curado, luego ascendió hasta los 7 días, y alcanzó su mayor desarrollo en resistencia a los 28 días, logrando una lectura de 21.26 Mpa (Gráfico. 12) con respecto a los 25.95 Mpa del Concreto Muestra Patrón.

Tabla 33. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 5% PET.

Datos	Resultados		
Muestra N°:	1	2	3
Cant. de Cilindros:	27	27	27
Fecha de fabricación:	13/12/2022	14/12/2022	14/12/2022
Edad-Días de curado:	3	7	29
Fecha de ensayo:	16/12/2022	21/12/2022	11-01/2023
Resistencia a compresión-promedio [Mpa]:	9.12	12.82	21.26
Resistencia probable a 28 días [Mpa]:	25.07	16.92	21.26
Resistencia Especificada: [Kg/cm ²]:		224.33	
[Psi]:		3.190,84	
[Mpa]:		22	
Resistencia Elemento Estructural: Banca [Kg/cm ²]:		214.14	
[Psi]:		3.000	
[Mpa]:		21	
Resistencia lograda a los 3, 7 y 28 días [Mpa]:	9.12	12.82	21.26
Slump [cms]:	9.0	10.20	10.20
Slump Promedio [cms]:		9.80	
Promedio del Tipo de Falla:	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 5% PET.



Fuente: Elaboración propia



Este comportamiento, fue importante para tomar la decisión final de elegir este porcentaje de PET para la fabricación de la banca. ver más detalles, Ensayos a la Compresión (Anexos. I, J, K).

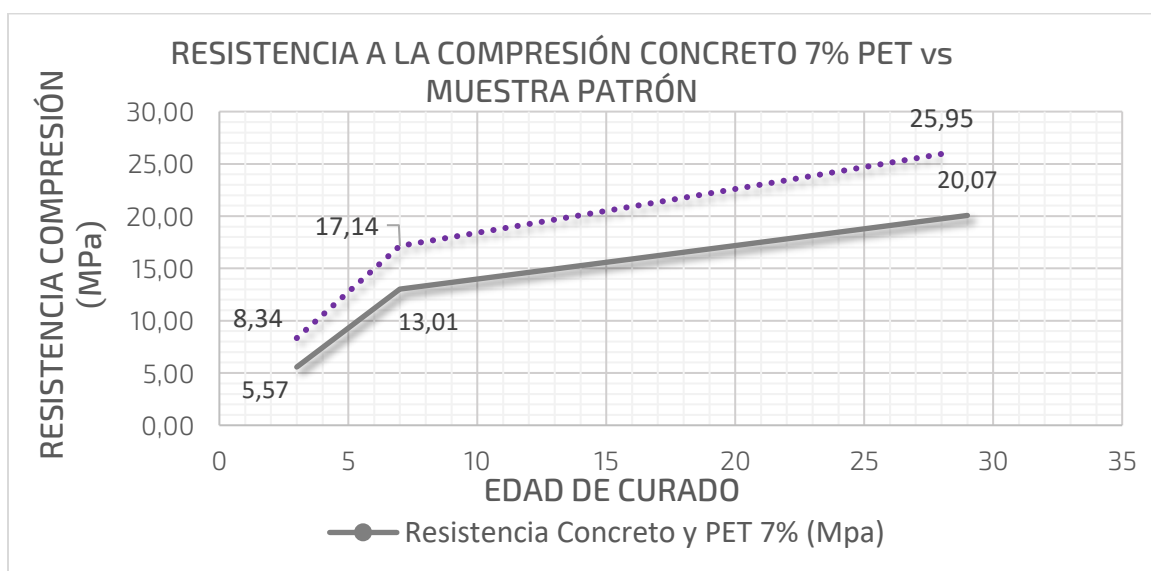
7.9.3 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes – Muestra Concreto con 7% de PET.

Tabla 34. Resumen Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 7% PET

Datos	Resultados		
Muestra N°:	1	2	3
Cant. de Cilindros:	27	27	27
Fecha de fabricación:	15/12/2022	15/12/2022	16/12/2022
Edad-Días de curado:	3	7	28
Fecha de ensayo:	18/12/2022	22/12/2022	13-01/2023
Resistencia a compresión-promedio [Mpa]:	5.57	13.01	20.07
Resistencia probable a 28 días [Mpa]:	15.32	18.59	20.07
Resistencia Especificada: [Kg/cm ²]:		224.33	
[Psi]:		3.190,84	
[Mpa]:		22	
Resistencia Elemento Estructural: Banca [Kg/cm ²]:		214.14	
[Psi]:		3.000	
[Mpa]:		21	
Resistencia lograda a los 3, 7 y 28 días [Mpa]:	5.57	13.01	20.07
Slump [cms]:	8.30	8.30	8.90
Slump Promedio [cms]:		8.50	
Promedio del Tipo de Falla:	4	1	4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. Ensayo de resistencia a la compresión - Muestra Concreto con 7% PET.



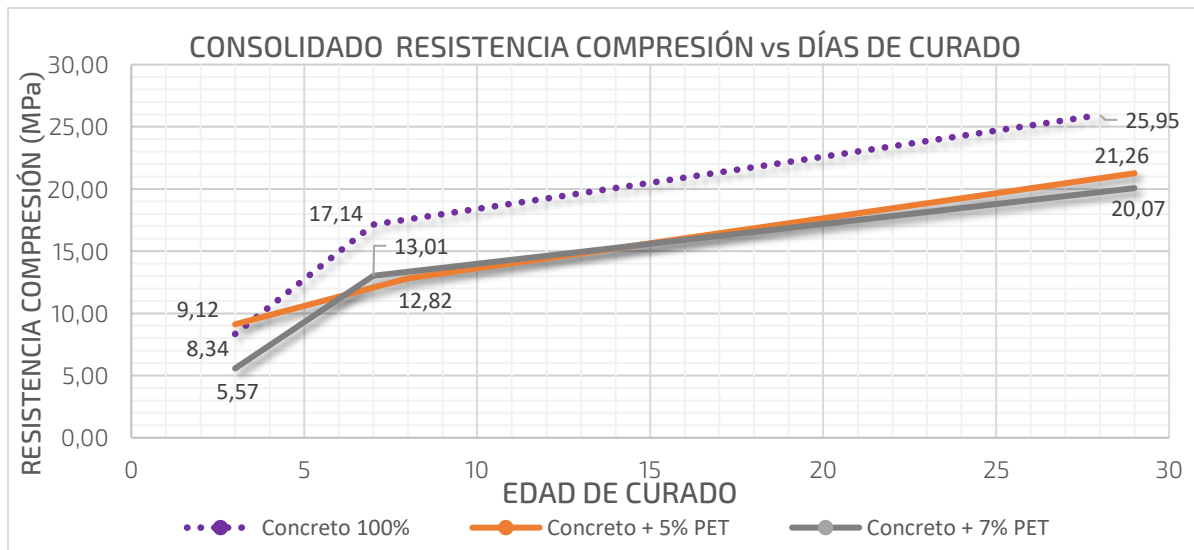
Fuente: Elaboración propia



Al realizar el análisis comparativo entre el desempeño de la resistencia a la compresión lograda a los 28 días de la muestra de Concreto con PET al 7% (Tabla. 35), frente al Concreto Convencional, se puede observar una tendencia similar en la curva de progreso, pero con unos resultados inferiores, es decir, se percibe una pérdida de resistencia considerable, un poco más baja que la muestra de Concreto con PET al 5%. Luego de alcanzar la resistencia a los 28 días, este progreso se reduce hasta alcanzar los 20.07 Mpa. (Gráfico. 13). Para más detalles, ver Planilla Ensayos a la Compresión (Anexos. I, J, K).

Teniendo en cuenta lo anterior, según los resultados obtenidos de la evaluación de la resistencia a la compresión de los cilindros de concretos ensayados a las 3, 7 y 28 días de curado, con diferentes porcentajes de PET (0%, 5% y 7%), se pudo observar el comportamiento de la resistencia alcanzada, donde para los tres días de curado el concreto con 5% de PET tuvo la mayor resistencia respecto a los cilindros elaborados sin porcentaje de PET y con el 7%. (Gráfico. 14)

Gráfico 14. Consolidado Ensayo de resistencia a la Compresión vs Días de curado



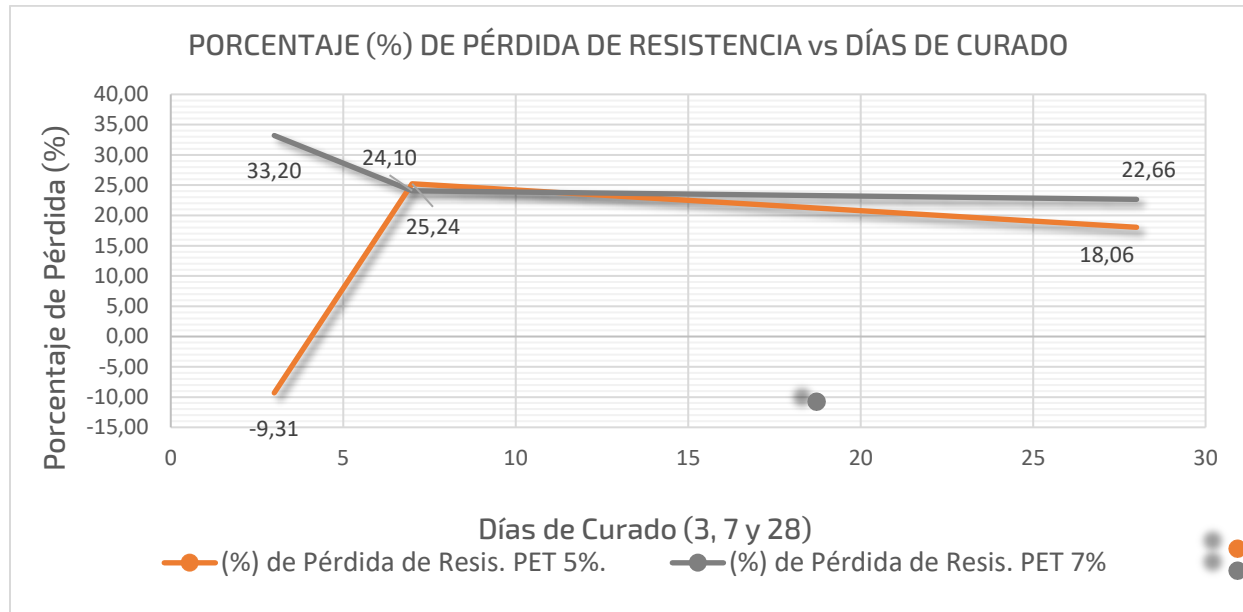
Fuente: Elaboración propia

Para los 7 días, la resistencia con los cilindros del 5% de PET bajó, y la mayor obtenida fue con el concreto de Muestra Patrón, y para los 28 días de curado, que es el tiempo estimado para que el concreto alcance una mayor resistencia, el concreto tradicional logró la mayor resistencia y la más baja se presentó con el 7% de PET; ya que para cumplir con los fines de esta investigación, consiste en usar plástico en la elaboración del mobiliario urbano, se decidió



emplear el 5% de PET en la dosificación. Debido a que con este porcentaje se alcanzó una óptima resistencia, exactamente de 21,26 Mpa, alcanzando un punto intermedio entre las resistencias obtenidas entre el concreto convencional frente al concreto con adición del 7% de PET.

Gráfico 15. Porcentaje de Pérdida de Resistencia vs Días de curado. Concretos con 5% y 7% PET



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al porcentaje de pérdida de resistencia obtenido respecto al concreto convencional (Gráfico.15), se puede afirmar que manejando el 5% de PET se obtuvo un porcentaje inicial de pérdida con un -9,31% a los 3 días, el cual es muy bajo. A los 7 días recupera las lecturas de resistencia alcanzando la más alta con un 25.24%; y finaliza a los 28 días con un porcentaje de 18.06%.

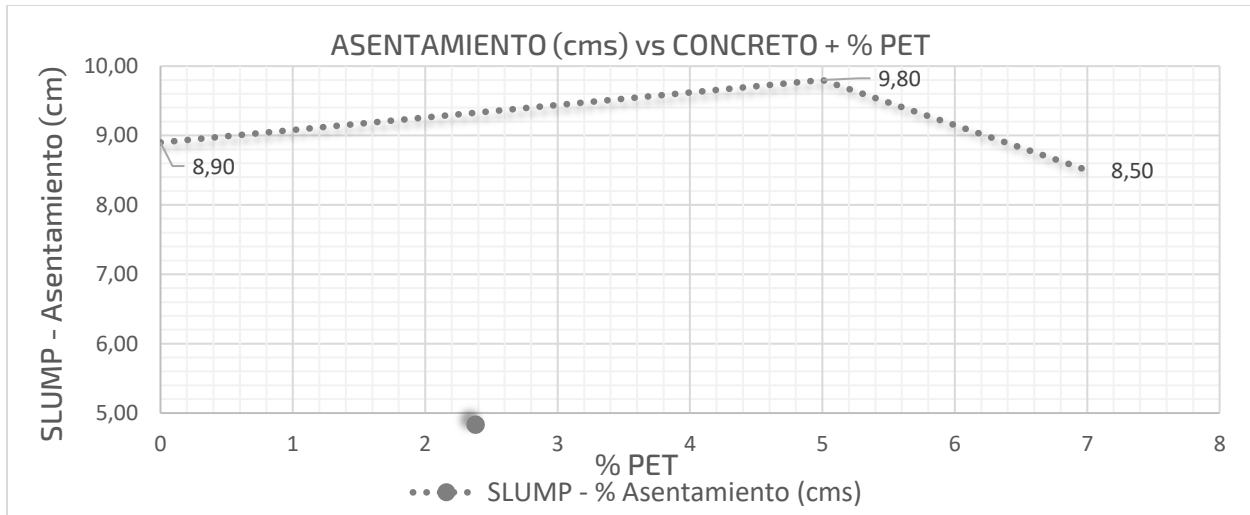
Revisando el desempeño de la pérdida de resistencia del concreto con 7% de PET, este comienza a los 3 días con un alto porcentaje de 33.20%, descendiendo a los 24.10% a sus 7 días de curado, teniendo un comportamiento similar al del concreto con 5% de PET y finalmente, llegando con un 22.6% de pérdida de resistencia a los 28 días.

El comportamiento de la pérdida de resistencia en las dos dosificaciones de concreto más PET, es variable, ya que a edades tempranas no muestra un óptimo desempeño, mientras que avanza el tiempo de curado, se empieza a estabilizar la resistencia hasta lograr porcentajes similares a los 28 días.



Al analizar la gráfica del Slump vs % PET (Gráfico.16) Donde el requerimiento inicial está entre un rango entre 5.0cms y 10.0 cms, se puede observar que con el 5% de plástico se obtuvo un mayor asentamiento promedio con 9.80 cms, respecto a los demás porcentajes de PET donde, con el 7% obtuvo el menor asentamiento con 8.50 cms y con el concreto sin plástico un punto intermedio con un resultado de 8.90cms.

Gráfico 16. Asentamiento vs Concretos y Porcentaje PET

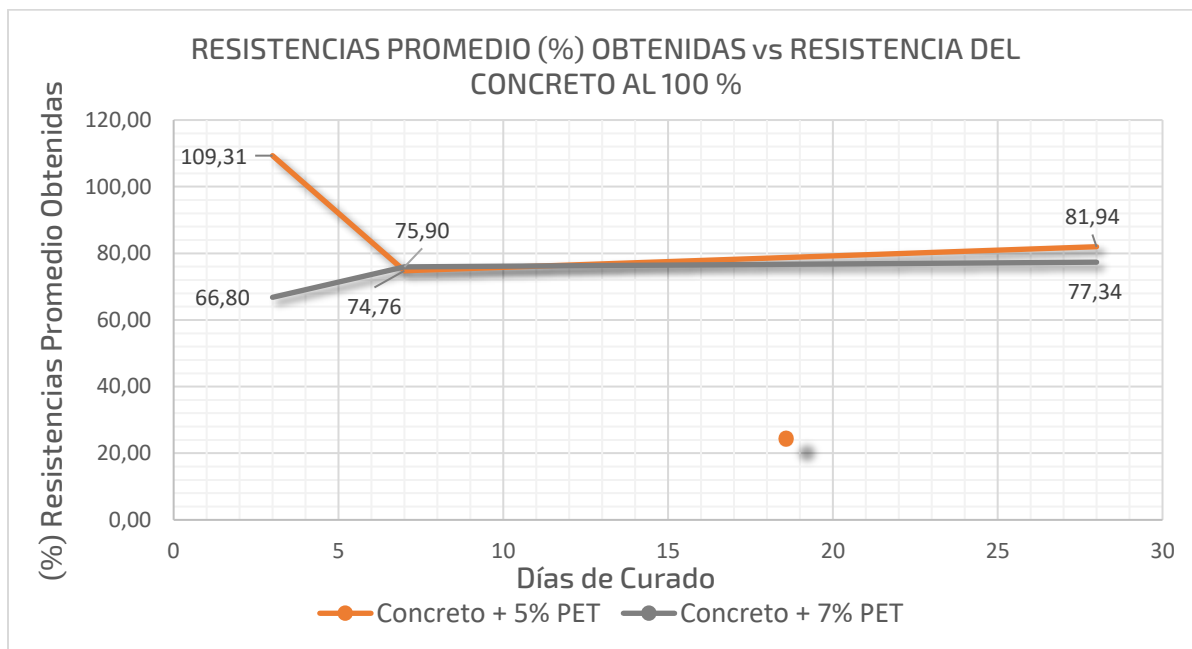


Fuente: *Elaboración propia*

Lo anterior, se debe al modificar el diseño de las proporciones de mezcla de los materiales, ya que inicialmente se realizó una mezcla de prueba con un porcentaje de 70% de Arena y 30% de agregados (Grueso y PET); corroborando que esta no tenía una consistencia media-plástica, poca uniformidad y una distribución poco homogénea de los agregados en la pasta de cemento.

Posteriormente, la prueba se corrigió con porcentajes de 60% de Arena y 40% de agregados (Grueso y PET); en el que la consistencia, apariencia y uniformidad de la mezcla de concreto, resultó más óptima para la fabricación de los especímenes y, por ende, a mejorar la prueba del asentamiento, manteniéndose en el rango establecido entre los 5.0 y 10.0 cms.

Para el siguiente análisis, teniendo en cuenta que el rango de porcentajes de promedio de resistencia obtenidas está entre el 0 y 120%, donde el concreto de muestra patrón representa el 100%. Se obtuvo como resultados: (Gráfico.17)

Gráfico 17. Resistencia promedio Obtenida vs Días de Curado

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje inicial de resistencia promedio obtenida del concreto con 5% de PET comenzó con un valor alto de 109.31% a los 3 días de curado, decreciendo hasta el 74.76% a los 7 días de curado y estableciéndose finalmente en un 81.94% a los 28 días.

Mientras que el porcentaje inicial de resistencia promedio obtenida del concreto con 7% de PET comenzó con un valor bajo de 66.80% a los 3 días de curado, ascendiendo hasta un 75.90% a los 7 días de curado y posteriormente decreciendo hasta su 77.34% como porcentaje final al alcanzar los 28 días. Por lo que se concluye que el concreto con 5% de PET tuvo un desempeño menor durante el proceso de curado, pero alcanzando la mejor resistencia final, mientras que el concreto con 7% de PET tuvo una curva de rendimiento estable durante el curado, pero decreció al final en su resistencia, quedando por debajo a la proporción de 5% de PET.

7.10 RESULTADOS AL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA POR HENDIMIENTO A LOS 28 DIAS.

Esta norma de ensayo establece el procedimiento para determinar la resistencia a la tracción por hendimiento o resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. El método aplica tanto a cilindros moldeados como a núcleos extraídos, (Invías INV E-

411-13, Núm.1, 1.1). El ensayo consiste en aplicar una fuerza diametral compresiva a lo largo de la longitud de un espécimen cilíndrico de concreto a una velocidad especificada, hasta que ocurra la falla.

Este sistema de carga induce esfuerzos de tensión en el plano que recibe la carga aplicada, así como esfuerzos de compresión considerables en el área aferente. La falla que ocurre es de tensión y no de compresión, por cuanto las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial, lo que les permite soportar esfuerzos de compresiones muy superiores a los que serían indicados por el resultado de un ensayo de resistencia a compresión uniaxial. (Invías INV E-411-13, Núm.2, 2.1).

Tabla 35. Equipo utilizado Ensayo a la Tracción Indirecta de Cilindros de Concreto



Fuente: Elaboración propia. Laboratorio Geotecnia Universidad del Cauca

Con respecto al equipo utilizado, se procedió a efectuar este procedimiento en la máquina de ensayo de los laboratorios de Geotecnia de la Universidad del Cauca (Tabla.35). Esta cuenta con una capacidad suficiente y velocidad de carga prescrita según la normatividad colombiana.

El ensayo se realizó a los especímenes, inmediatamente después de ser extraídos del cuarto de curado (INVIAS-400-13. Num.7. 7.3); este procedimiento se repitió a todos los especímenes correspondientes a los cilindros de 6" (150mm * 300mm), con edades de curado a los 28 días y con dosificaciones de Concreto al 100%, Concreto y PET al 5% y finalmente, Concreto y PET al 7%. Más detalles, ver Planilla Ensayos a la Compresión (Anexo. L).



La fabricación de los especímenes se realizó entre el 12 al 15 de diciembre de 2.022 y sus posteriores rupturas se especifican en los siguientes análisis resumidos. Ver más información en (Anexos. I, J, K).

7.10.1 Ensayo de resistencia a la Tracción Indirecta-Muestra Concreto Patrón.

Para el cálculo de la resistencia a la tracción indirecta se toma como punto de partida, la recopilación de los datos provenientes de los especímenes de concreto como son su diámetro promediado, su longitud y las lecturas dadas por los equipos de ruptura. Ver Ecuación 36.

Ecuación 20. Cálculo de la Tracción Indirecta

$$T = 2 * \frac{F}{\pi} * \emptyset * L \quad (36)$$

Donde:

T = Tracción Indirecta

F = Carga Máxima en Kg

π = 3.1416

\emptyset = Diámetro Cilindro (Promedio de 3 diámetros tomados: Superior, medio, base)

L = Longitud Cilindro (Altura)

Tabla 36. Resumen Ensayo de resistencia a la Tracción - Muestra Concreto Patrón.

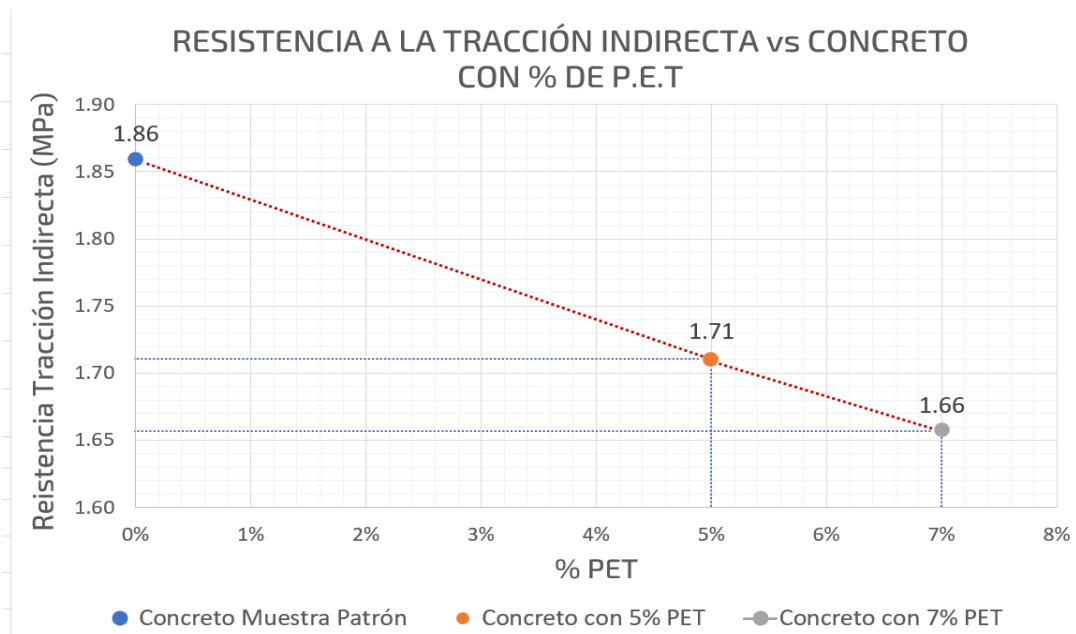
Datos	Resultados		
Muestra N°:	1	2	3
Cant. de Cilindros:	6	6	6
Fecha de fabricación:	12/12/2022		
Edad-Días de curado:	28		
Fecha de ensayo:	09/01/2023	09/01/2023	09/01/2023
Resistencia a compresión-promedio [Mpa]:	1.86	1.71	1.66
Resistencia probable a 28 días [Mpa]:	1.86	1.71	1.66
Resistencia Especificada: [Kg/cm ²]:	224.33		
[Psi]:	3190.84		
[Mpa]:	22		
Resistencia Lograda [Mpa]:	8.45	7.77	7.53
Slump [cms]:	8.90	9.00	8.30
Slump Promedio [cms]:	8.73		
Promedio del Tipo de Falla:	0	0	0

Fuente: Elaboración propia



Según los resultados obtenidos de resistencia a la tracción, se puede analizar que con el 0% de PET se obtiene la resistencia más alta con 1.86 Mpa, y con el 7% la resistencia más baja con 1.66 Mpa; siendo así, el 5% con una lectura de 1.71 Mpa, que representa un porcentaje intermedio donde la resistencia se mantiene sin disminuir respecto a la resistencia máxima alcanzada, que corresponde al concreto tradicional sin incluir plástico. (Gráfico. 18)

Gráfico 18. Resistencia a la Tracción Indirecta vs Concreto con % PET



Fuente: Elaboración propia

Al correlacionar los valores de resistencia en Mpa obtenidos en el ensayo de tracción y el de resistencia a la compresión a los 28 días, tenemos que: Con respecto al concreto con el 0% de PET, mostrando una lectura de 1.86 Mpa, la resistencia a la tracción representa el 7.2% de la resistencia alcanzada a la compresión, el cual su valor fue 25.95 Mpa.

Con respecto al concreto con el 5% de PET, mostrando una lectura de 1.71 Mpa, la resistencia a la tracción representa el 8.1% de la resistencia alcanzada a la compresión, el cual su valor fue 21.26 Mpa. Así mismo, con respecto al concreto con el 7% de PET, mostrando una lectura de 1.66 Mpa, la resistencia a la tracción representa el 8.2% de la resistencia alcanzada a la compresión, el cual su valor fue 20.07 Mpa.



7.11 DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE BANCA EN CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET.

7.11.1 Diseño Contextual.

Esta variable hace referencia a las distintas posibilidades de diseño que permiten que los módulos se emplacen y acoplen de modo geométrico y simétrico al contexto de la ciudad de Popayán, donde serán ubicados. En este orden de ideas, el punto de partida comprende la forma y el uso del mobiliario, igualmente están sujetos a modificaciones para responder a las singularidades de un contexto, lugar o emplazamiento determinado, tales como el grado de la pendiente, los materiales, el acabado final, el color, y las maneras de agruparlos entre sí.

7.11.2 Diseño inclusivo y amigable con el medioambiente.

El mobiliario urbano hace parte del espacio público y, por lo tanto, debe garantizar la accesibilidad para todos los habitantes. Por lo que se pretende la posibilidad de realizar ajustes a los módulos diseñados para adaptarlos a la a las medidas corporales que propicien el uso por parte de los niños, adultos mayores o personas de talla baja. (Secretaría Distrital De Planeación. Bogotá (2.019).

Como se referenció en el Estado del Arte, para determinar el diseño de la banca, se establece que, en nuestro país, una altura Poplítea adecuada puede oscilar entre los 40.0 cm a 45.0 cm para actividades estando en posición sentada (Tabla. 37). Rosas Chaves, J. A. (2014).

Nota: Datos adicionales de la banca. Ver (Anexo. M) Fichas Especificaciones Técnicas.

Tabla 37. Datos Antropométricos

Especificación	Detalles Básicos
Promedio Altura Poplítea Sentado: (Suelo-Nalga) Hombres y Mujeres	45.0cms
Promedio Altura Acromial Sentado: (Suelo-Hombro) Hombres y Mujeres	56.80 cms
Ancho Banca:	45.0 cms
Profundidad Banca:	45.0 cms
Apoyos a Suelo:	Adhesión a Suelo con anclaje epóxico
Apoyabrazos:	Banca Monolítica Sin apoyabrazos
Geometría Banca:	Forma geométrica cuadrada y Triangular como elementos moduladores individuales y grupales.

Fuente: *Elaboración propia*

Así mismo, la premisa de incorporar materiales reciclados como el polímero PET, ya que, para elementos como el mobiliario, permiten ser reutilizados y solucionar los altos volúmenes de plásticos generados en la ciudad y que no son aprovechados.

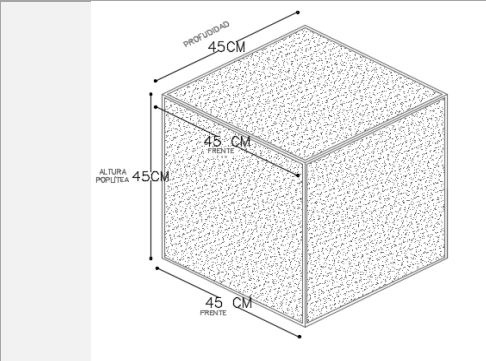

7.11.3 Flexibilidad de la Simpleza:

La investigación plantea una serie de posibilidades de agrupación, especificaciones y composiciones basadas en la simpleza y la diversidad basada en la geometría pura. Este modelo busca apropiarse del espacio público que se encuentra actualmente rezagado y transformarlo en un escenario de permanencia, ocio, esparcimiento lúdico e interacción con la comunidad; pretende revitalizar espacios y dinamizar contextos históricos, ambientales e integrarlos a la modernidad. Para la realización de las etapas de diseño de la banca en concreto con adición de plástico PET, se tuvo como referente la Cartilla de Mobiliario de Bogotá, SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACION (2.019. p.20)

7.11.4 Elección Del Elemento

Entre los elementos de mobiliario más comunes en la planificación de espacios urbanos, los más comunes son: Sillas, bancas, mesas, bolardos, barandas, ciclo-parqueaderos, señales, alcorques para árboles, materas, protectores de árboles y papeleras. Para el presente caso, se elige la banca como elemento de permanencia, descanso e integración social, y como referente Módulo Mobiliario Serie III de la cartilla de Bogotá. (Tabla.38).

Tabla 38. Elección del Elemento - Banca En Concreto.

	
Módulo Monolítico (45.0 x 45.0 x 45.0 cms)	Módulo Referente (43.0 x 43.0 x 43.0 cms)

Fuente: Imagen 1. Elaboración propia, e Imagen 2. Secretaría Distrital de Planeación. (2.019). Cartilla de mobiliario Urbano: Mobiliario de Bogotá. p.60.

7.11.5 Determinar Espacio De Implantación

El polígono de implantación comprende una escena urbana con un área parcial de 237.0 mts² que corresponde al 3.8% del Parque Benito Juárez, que presenta un área total de 6.285 m². Después de realizar las visitas y análisis respectivos, se determinó que esta zona cumple con los espacios y la calidad de revitalización e impacto social para establecer el modelo de Bancas en Concreto y Plástico reciclado PET. (Tabla.39). Ver planos arquitectónicos en los (Anexos. N, O)

Tabla 39. Espacio de Implantación. Parque Benito Juárez.



Fuente: Elaboración propia

7.11.6 Analizar Variación

La idea conceptual se basa en descomponer la forma del cubo, manteniendo un orden geométrico para cumplir dos premisas. La primera variación se establece para aligerar el modelo final del elemento construido, y la segunda variación se basa en el manejo de la luz solar y las sombras arrojadas hacia el modelo de la banca final.

Por lo tanto, se trazan ejes en cada cara lateral del cubo para generar triángulos y polígonos que posteriormente se sustraen, para lograr vacíos que aligeran el elemento, y de manera constructiva, transmiten las cargas de esfuerzos desde la parte superior (Asiento) a la base de la banca. (Tabla.40)

Tabla 40. Proceso de la idea generadora de diseño.

<p>Sólido Platónico: Cubo <i>Fuente: Drummyfish (2.019)</i></p>	<p>Módulo Cuadrado con sustracciones Triangulares</p>	<p>Módulo Triangular con sustracciones Poligonales</p>
<p>Módulo Hexagonal 1</p>	<p>Módulo Cuadrado 2</p>	<p>Módulo Hexagonal 2</p>
<p>Módulo Hexagonal 2</p>	<p>Módulo Triangular 2</p>	<p>Módulo Cuadrado 3</p>
<p>Módulo Cuadrado 3</p>	<p>Módulo Irregular Simétrico - Banca larga</p>	

Fuente: Elaboración propia

De los elementos generados durante el proceso de diseño, después de experimentar con la geometría propuesta para la unión con otros módulos y generar combinaciones entre ellos, se

determinó que los módulos cuadrados como elemento principal, junto con el módulo triangular como elemento articulador y de giro a 30°, eran los más adecuados para realizar composiciones de diseño de acuerdo a las condiciones del lugar de emplazamiento. (Tabla.41)

Tabla 41. Modelos elegidos como diseño final.



Fuente: *Elaboración propia*

7.11.7 Elección Del Material

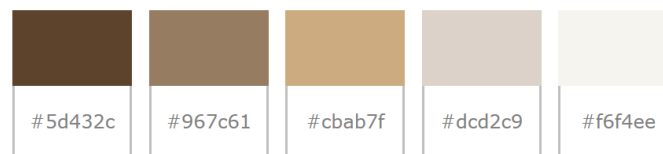
Para el modelo de banca se proponen los siguientes materiales: Concreto hidráulico de 3.190 Psi (22 Mpa) con adición de escamas de plástico reciclado PET, Acero de refuerzo Grafil D50 (Ø5.0 mm), Varilla de Acero de ¼” gancho en L y embebida en el concreto para apoyo por medio de perforación en el suelo con adhesivo epóxico, Aditivo de Pigmento en polvo al 7% para concreto y dosificado en la mezcla en seco.

Para el diseño de la matera se emplean los mismos materiales, pero se añade en uno de sus vértices, una malla eslabonada, anclada al concreto a través de una platina tipo ángulo, que permite apreciar desde el exterior, las capas de agregado grueso del sustrato de la matera.

7.11.8 Determinar Color

Para el Concreto como elemento principal se opta por el color Gris claro (estándar), y Terracotas (Figura. 9) de diferente gama (IN COLOR BALANCE, 2.023), de acuerdo al contexto en el que se emplace. Sin olvidar que el acabado del concreto es pulido. Para la materia se emplea la misma especificación anterior, añadiendo la pintura de color negro anticorrosivo acabado mate, para la malla que conforma el vértice de la materia.

Figura 9. Paleta de colores. Marrones Fríos y Cálidos. (Escala Hexadecimal)



Fuente: *In Color Balance*

7.11.9 Especificar Textura

Para la presente investigación el acabado de la textura del concreto es pulido incluyendo los biseles de los vértices en cada uno de sus lados, aunque no se descarta y se recomienda el uso de juntas de construcción diseñadas en diversas formas geométricas. También en cuanto la textura, se ofrece la apariencia rústica del concreto, ya que es subjetiva a la percepción del usuario final. (Tabla.42)

Tabla 42. Texturas del Concreto






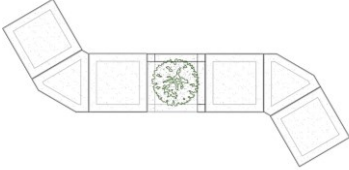






Fuente: *Elaboración propia*

7.11.10 Analizar Agrupación

La ubicación de estos elementos permite generar diversas percepciones desde elementos aislados, hasta conformar familias Lineales, laterales, sinuosas, en línea giradas a 35°, (30° en el

presente caso), en esquinas, Contra espalda, etc. Todo lo anterior, dependiendo de la tipología geométrica del mobiliario y la limitación del contexto en el que se emplace. (Tabla. 43)

Tabla 43. Posibles Agrupamientos

		
<p>Cuadrado Individual</p>	<p>Triángulo Individual</p>	<p>Triangular Radial</p>
		
<p>Grupo 1</p>	<p>Grupo 2</p>	<p>Triangular Contraespalda Lineal</p>
		
<p>Triangular Contraespalda Sinuosa</p>	<p>Grupo 3 Giro 30°</p>	<p>Grupo 4 Giro 30° Doble</p>
		
<p>Grupo 5 Giro 30° Doble</p>		

Fuente: *Elaboración propia*

Para complementar la etapa de diseño, se muestra a continuación una vista previa de los planos arquitectónicos (Figuras.10,11) y Estructurales (Figura.12, así como las vistas 3d de los elementos y su emplazamiento en el contexto. Ver Plano y Corte Arquitectónico, Plano Estructural y renders. (Anexos. O, P, R).



Figura 10. Planos Arquitectónico Mobiliario

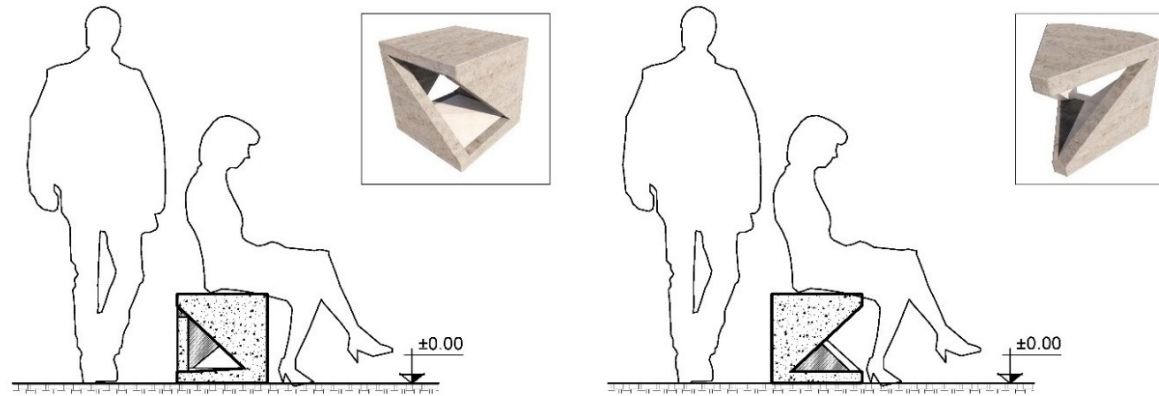
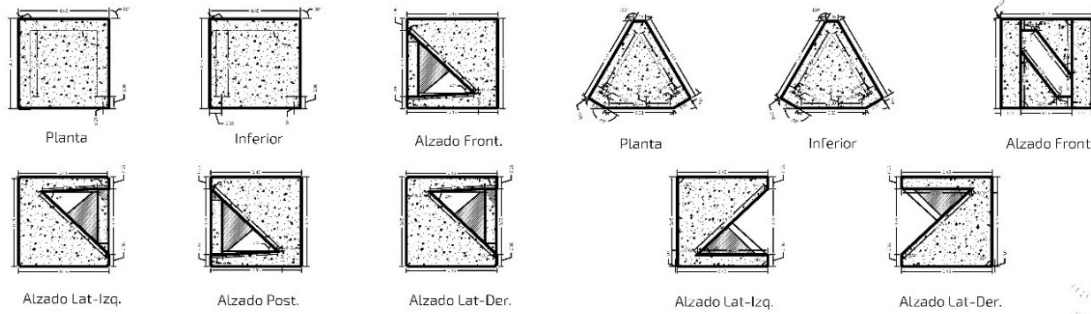


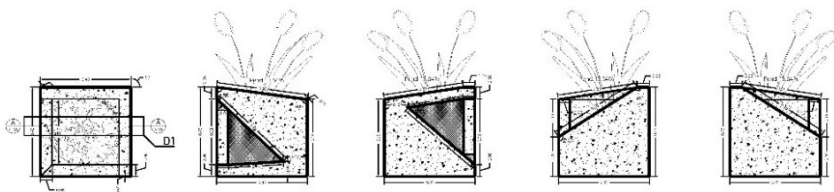
Imagen 3D



Banca Confinada Cuadrada-01
(Concreto + P.E.T) Esc: 1_10

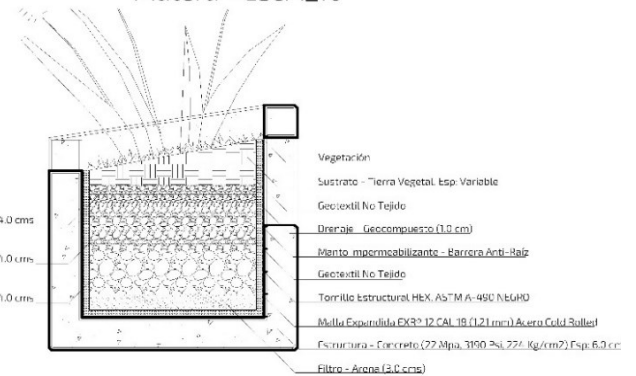
Banca Confinada Hexagonal-01
(Concreto + P.E.T) Esc: 1_10

Detalle D1. Sección A-A
Matera - Esc: 1_10



Matera -03 (Concreto + P.E.T) Esc: 1_10

- Sustrato - Grava Blanca # 1. Esp: 4.0 cms
- Sustrato - Grava Gris # 2. Esp: 4.0 cms
- Sustrato - Grava Negra # 3. Esp: 4.0 cms



- Vegetación
- Sustrato - Tierra Vegetal. Esp. Variable
- Geotextil No Tejido
- Drenaje - Geocompuesto (1.0 cm)
- Manto impermeabilizante - Barrera Anti-Huaj
- Geotextil No Tejido
- Tornillo estructural HEX. ASTM A-490 NEGRO
- Malla Espandible EXR® 12 CAL. 18 (121 mm) Acero Cold Rolled
- Estructura - Concreto (22 Mpa, 3190 Kg/m³, 22% Kg/cm²) Esp. 6.0 cr
- Filtro - Arena (2.0 cms)

Fuente: Elaboración propia



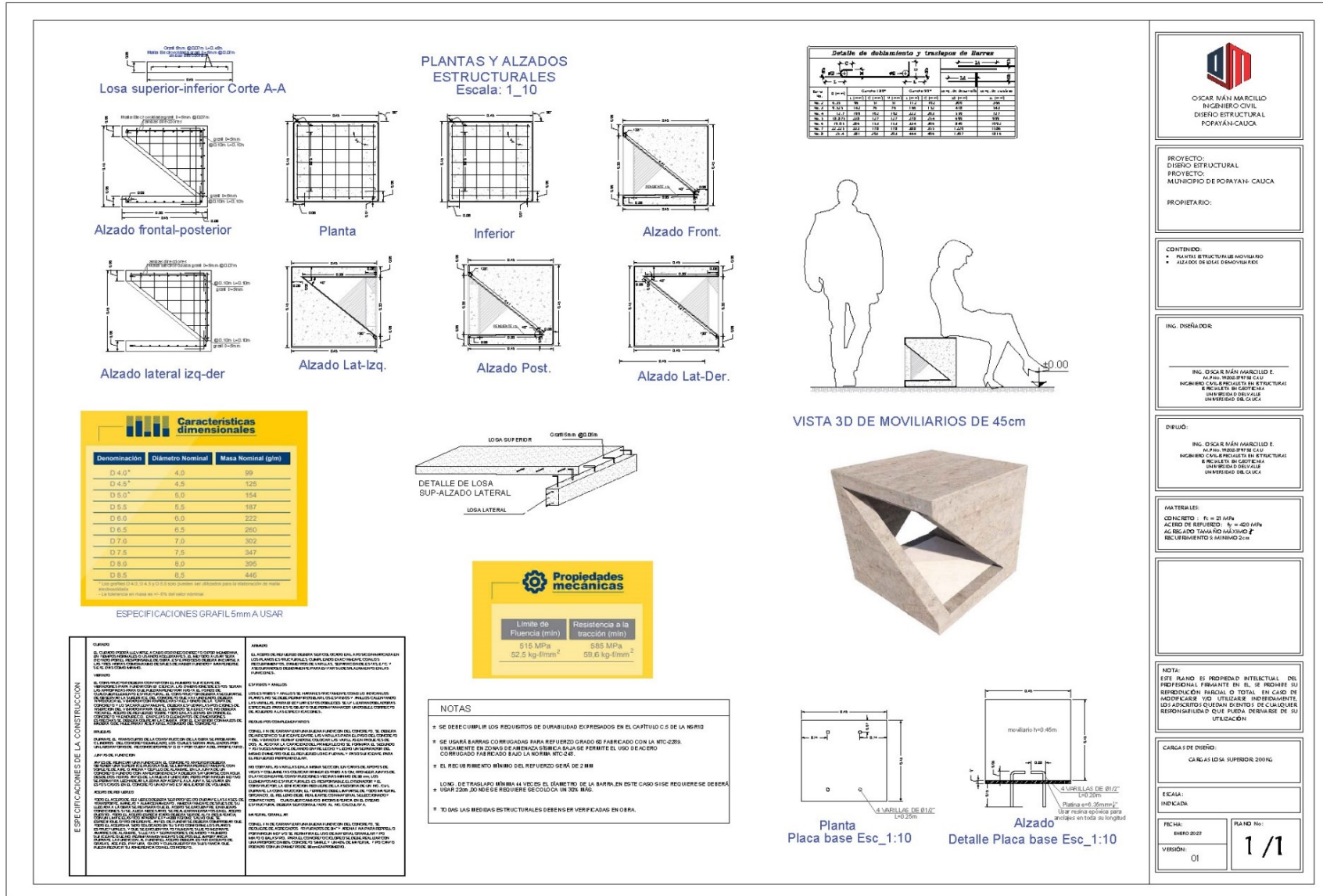
Figura 11. Plano Arquitectónico Urbano



Fuente: Elaboración propia

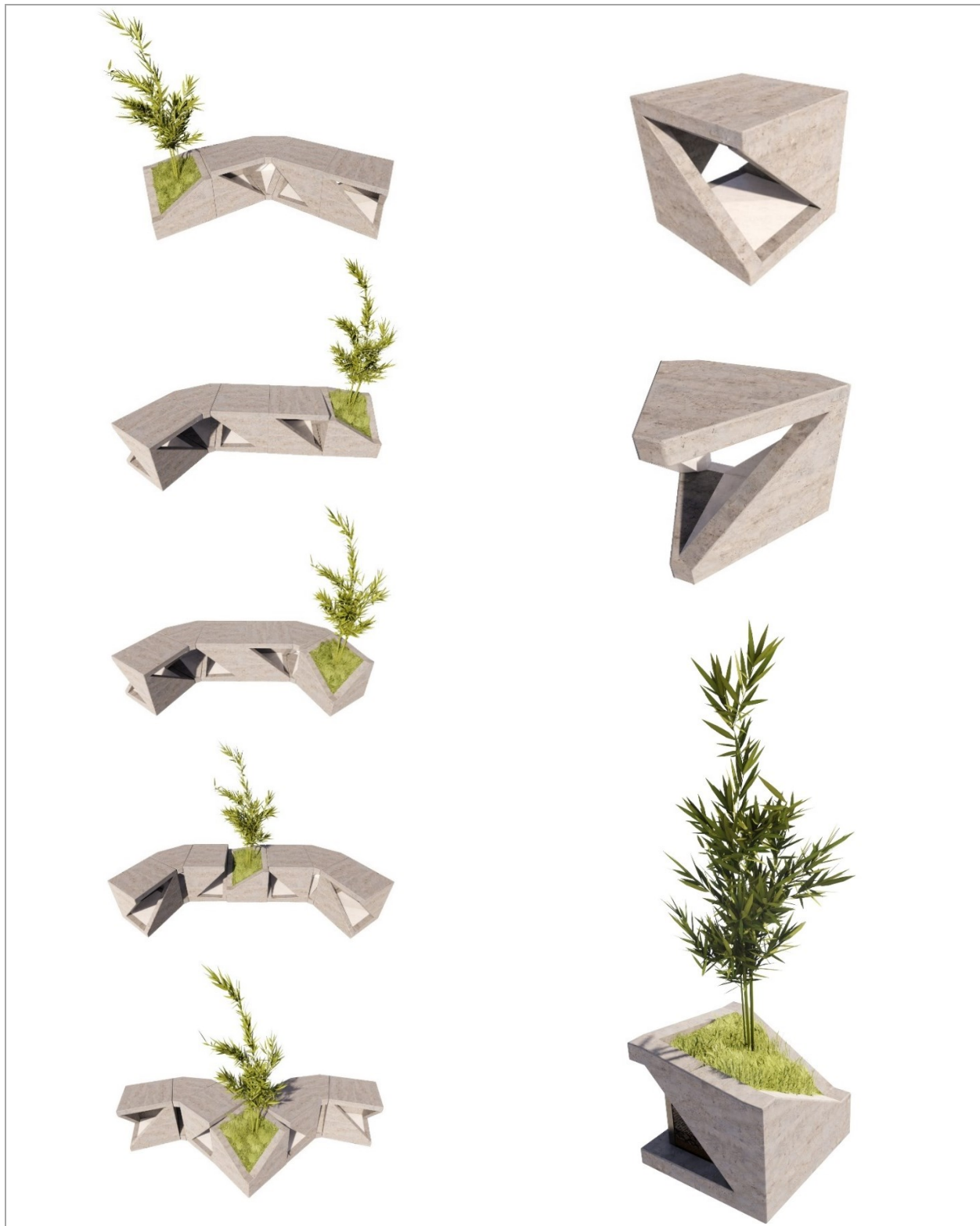


Figura 12. Plano Estructural



Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Modelos 3D Mobiliario En Concreto y Plástico Reciclado PET



Módulos Agrupados

Módulos Individuales

Fuente: *Elaboración propia*



7.12 Fabricación de la Banca en Concreto con adición de escamas de Plástico reciclado PET.

El proceso de fabricación se muestra a continuación en el siguiente registro fotográfico. Este Comienza con la selección de materiales y herramientas. En este caso, para la formaleta, se utilizó madera fabricada en Tabla Tríplex de 1.5 mm de espesor cortada y ensamblada con platinas Escuadra de 2" y tornillos de 8 x 1/2" y 6 3/4". Posteriormente, se procede a realizar el Armado perimetral y flejado de varillas laterales con Acero de refuerzo Grafil de Ø 5.0 mm y alambre negro. (Figura 13)

Figura 13. Armado provisional de la formaleta y flejado de varillas laterales.



Fuente: Elaboración propia

Luego se inicia el armado de la parrilla inferior y caras laterales. Seguido de la aplicación de desmoldante en las caras internas de la formaleta, usando aceite quemado y aplicado con espuma. (Figura 14)

Figura 14. Armado de parrilla inferior, laterales y aplicación de desmoldante.



Fuente: Elaboración propia



Colocación de distanciadores artesanales hechos con chazos plásticos de 1" y alambre negro, colocados en todas las caras de la estructura para garantizar el recubrimiento del acero de refuerzo de 2.5cms. Seguidamente, el ensamble de las caras internas, externas, superior e inferior de la formaleta usando las platinas escuadras. (Figura 15)

Figura 15. Colocación de distanciadores y Platinas



Fuente: Elaboración propia

La mezcla de concreto se verterá desde la parte superior para confinar las esquinas, caras laterales y losa inferior, manejando dos pendientes para la evacuación de las aguas lluvias debido a la exposición a la intemperie. Luego, colocación de Tablas para reforzar las caras de la formaleta usando tabla de 2.0 cms de espesor, alambre negro y tornillos de fijación de 8 x 1/2". Preparación de materiales para la mezcla manual en seco. (Figura 16)

Figura 16. Refuerzo exterior de formaleta y mezcla de agregados



Fuente: Elaboración propia

Materiales usados para la mezcla en seco. Arena (44.2 Kg), Grava (58.5 Kg) y Cemento (21.0 Kg). Adición gradual de Agua (10.5 Lts), y adición gradual de Plástico Reciclado Pet (1.0

Kg) durante la mezcla húmeda. El mezclado de los materiales debe ser uniforme, hasta lograr la consistencia Media-Plástica. (Figura 17)

Figura 17. Adición de agua y PET a la mezcla de agregados



Fuente: Elaboración propia

Vertimiento de la mezcla de concreto en las caras laterales y losa inferior de la banca. Vibrado manual con varilla de acero, mazo de caucho, y con taladro en las caras de la formaleta. (Figura 18)

Figura 18. Vertimiento de la mezcla de concreto y vibrado manual



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a la fundición de la losa superior hasta el nivel tope de la formaleta, la cual da la altura de la banca, que es de 45.0 cms. Seguido del aplacado de la losa superior con llana metálica. (Figura 19)

Figura 19. Fundición de losa superior y aplacado

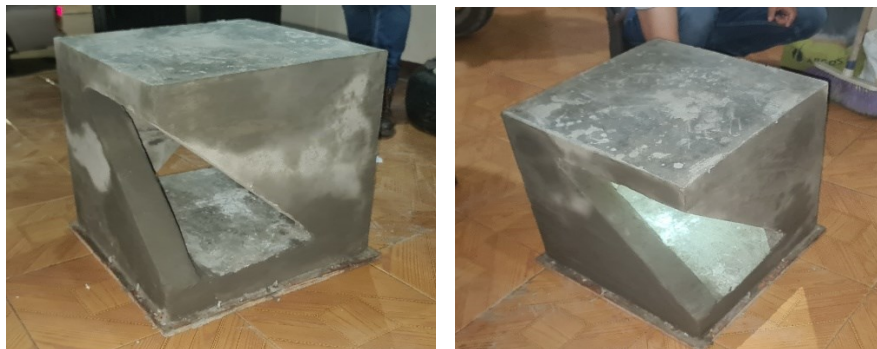
Fuente: *Elaboración propia*

Desenfrado de Formaleta y Aplacado de poros de las caras exteriores de la banca.
(Figura 20)

Figura 20. Desenfrado de Formaleta y aplacado de caras

Fuente: *Elaboración propia*

Las siguientes imágenes muestran la banca en concreto y PET sin acabado pulido a los 7 días de curado. Así mismo, se muestra una posible Iluminación interna de la banca. El acabado de Concreto pulido se realiza al cumplir los 28 días de resistencia a la compresión, proceso en el cual se perfilan los bordes con biseles y se pulen los lados exteriores sin necesidad de exponer los agregados. (Figura 21)

Figura 21. Banca sin acabado pulido a los 7 días de curado

Fuente: *Elaboración propia*

7.13 Costo directo de elaboración de la Banca en Concreto con adición de escamas de plástico reciclado PET.

De acuerdo al Análisis de Precios Unitarios de Costos Directos generados para los módulos de banca en concreto convencional y con adición de escamas de plástico reciclado PET en dosificaciones de 5% y 7 %, se presenta una tabla resumen en la que se especifica por unidad de fabricación, su volumen en m³, el peso de cada unidad en kg/m³ incluyendo el acero de refuerzo, y el costo directo sin incluir el valor agregado de diseños y costos indirectos. Ver Análisis de Precios Unitarios-Costo Directo. (Anexo. Q)

Comparando el peso en kg de cada elemento versus el costo del mismo, podemos concluir que la incorporación de PET al 5%, disminuye su peso en un 2.94 %, con respecto al concreto convencional; así mismo, la diferencia de peso del PET al 5%, disminuye su peso en un 1.20 %, con respecto al concreto con PET al 7%; la cual sería una ventaja con respecto al mobiliario en concreto tradicional, ya que aporta un plus al componente de sostenibilidad ambiental y de materialidad.

Debido a que la materia prima del plástico reciclado dentro de su ciclo de reutilización, incrementa su valor final, pero compensa con la disminución del impacto ambiental y reducción de la huella de carbono en cuanto el transporte, ya que sería aprovechado a nivel local y no en otros contextos de lugar donde se generarían sobrecostos.

Referente al costo de elaboración podemos afirmar que, el valor por unidad del mobiliario con el Concreto Convencional, sería de \$ 391.013.00, el cual, a su vez, tendría un incremento del 3.31 % si se compara con el Concreto con PET al 5%, el cual aumentaría su valor



a \$ 394.726.00, y finalmente, este último aumentaría a un 1.30% si se compara con el Concreto con PET al 7% con un costo de \$ 396.201.00. (Tabla. 45)

Para la intervención de la zona de estudio dentro del Parque Benito Juárez y los planos arquitectónicos, se determinó que la cantidad total de mobiliario urbano podría especificarse en la (Tabla. 51). Según las tablas, se proponen 44 unidades de módulos de banca cuadrada, 20 módulos de banca Triangular y 12 módulos de Materas, que hacen parte de los grupos o tipologías conformados para su emplazamiento en el parque; que, a su vez, reemplazarían el mobiliario actual y solucionarían los espacios vacíos o carentes de elementos urbanos en esta zona.

Tabla 45. Resumen Costo Unitario. Banca por Unidad

MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO CONVENCIONAL				
Peso kg/m³=	2.400,80			
Descripción	Und	vol. m³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	118.38	\$ 391.013.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	1.00	0.030	75.52	\$ 384.603.00
MODULO MATERA	1.00	0.013	32.71	\$ 378.193.00
MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO + 5% DE PET				
Peso kg/m³=	2.327,80			
Descripción	Und	vol. m³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	114.95	\$ 394.726.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	1.00	0.030	73.33	\$ 386.973.00
MODULO MATERA	1.00	0.013	31.76	\$ 379.220.00
MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO + 7% DE PET				
Peso kg/m³=	2.298,80			
Descripción	Und	vol. m³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	113.58	\$ 396.201.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	1.00	0.030	72.46	\$ 387.914.00
MODULO MATERA	1.00	0.013	31.38	\$ 379.628.00

Fuente: *Elaboración propia*

Se tiene en cuenta los costos de los concretos fabricados para determinar cuál es el más adecuado en cuanto su valor final; aunque la diferencia de porcentajes de adición de PET no incrementa considerablemente el rubro total, es importante diferenciar estas variaciones para elegir aspectos de durabilidad, resistencia, aporte al medio ambiente, entre otros.

El costo total del mobiliario con el Concreto Convencional (Banca Cuadrada, Triangular y matera) que se utilizarían para la zona de intervención, sería de \$ 29.434.948.00, el cual, a su vez, tendría un incremento del 2.90% si se compara con el Concreto con PET al 5%, el cual aumentaría su valor a \$ 29.658.044.00, y finalmente, este último aumentaría a un 1.14% si se



compara con el Concreto con PET al 7% con un costo de \$ 29.746.660.00. Con lo que se concluye que, para la presente investigación, el total del costo del mobiliario urbano elaborado con el Concreto con PET al 5%, es el más indicado resaltando las ventajas técnicas, ambientales y económicas antes mencionadas. (Tabla. 46)

Tabla 46. Resumen Costo Total, Bancas

MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO CONVENCIONAL					
Peso kg/m ³ =	2.400,80				
Descripción	Und	vol. m ³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Unidad	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44	2.068	5208.72	\$ 391.013.00	\$ 17.204.572.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	20	0.940	1510.4	\$ 384.603.00	\$ 7.692.060.00
MODULO MATERA	12	0.564	392.52	\$ 378.193.00	\$ 4.538.316.00
				Subtotal	\$ 29.434.948.00
MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO + 5% DE PET					
Peso kg/m ³ =	2.327,80				
Descripción	Und	vol. m ³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Unidad	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44	0.047	5057.8	\$ 394.72600	\$ 17.367.944.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	20	0.030	1466.6	\$ 386.973.00	\$ 7.739.460.00
MODULO MATERA	12	0.013	381.12	\$ 379.220.00	\$ 4.550.640.00
				Subtotal	\$ 29.658.044.00
MOBILIARIO URBANO EN CONCRETO + 7% DE PET					
Peso kg/m ³ =	2.298,80				
Descripción	Und	vol. m ³	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Unidad	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44	0.047	4997.5	\$ 396.201.00	\$ 17.432.844.00
MODULO BANCA TRIANGULAR	20	0.030	1449.2	\$ 387.914.00	\$ 7.758.280.00
MODULO MATERA	12	0.013	376.5	\$ 379.628.00	\$ 4.555.536.00
				Subtotal	\$ 29.746.660.00

Fuente: *Elaboración propia*

Nota: Cabe aclarar que, para la presente investigación no se tiene en cuenta el proceso de industrialización y montaje de producción del mobiliario, debido a que el alcance fijado en los objetivos específicos está enmarcado en el análisis técnico de materiales, el comportamiento del plástico reciclado PET junto al concreto y el diseño arquitectónico, al igual que su costo directo en el análisis de precios unitarios.

En ese orden de ideas, se pretende que este trabajo sirva como punto de partida para investigaciones futuras para lograr el alcance de la industrialización y viabilidad económica para la producción en serie del mobiliario urbano ecológico con elementos reciclados.



8 CONCLUSIONES

8.1 Caracterización de Materiales

- a) Según la granulometría, se obtiene una mayor cantidad de partículas del tamaño de $\frac{1}{2}$ " con una masa retenida de 1647.1 grs.
- b) A pesar de que, en la granulometría del agregado grueso, la curva se desfasa fuera del intervalo de los límites superior e inferior según la norma NTC-174, esto no quiere decir que el material no sea apto para el uso y la resistencia establecida en el diseño.
- c) Con respecto al agregado fino, según el Módulo de Finura obtenido se puede decir que este material se clasifica como una arena extra fina.
- d) Con la Granulometría obtenida al revisarla se tiene que la mayoría de partículas del agregado fino tienen un tamaño de 0.149 mm o la mayor masa retenida se encuentra en el Tamiz N°100 lo cual indica que la mayoría del material es muy fino, coincidiendo con la clasificación en base al módulo de finura, un material extra fino.
- e) Concluyendo con el PET, no se puede determinar si este polímero es apto, cumple o aplica a alguna especificación de construcción o normativa colombiana con este tipo de agregados, debido a que es un material o agregado no convencional; por lo que el objetivo es emplearlo en pruebas de investigación como se ha realizado previamente en Tesis y estudios similares, para determinar si su uso es efectivo según el tipo de estructura a desarrollar, como lo es en este caso, el mobiliario urbano ecológico.

8.2 Diseño De Mezclas Concreto y Plástico Reciclado PET

- a) Se realizaron dosificaciones de concreto donde se manejaron los materiales tradicionales para su preparación (Cemento, grava, arena, agua), donde adicionalmente como investigación, se empleó otro componente, el plástico reciclado (PET) como reemplazo parcial del agregado grueso en porcentajes del 3%, 5 % y 7%.
- b) Elaborada la mezcla, se fabricaron cilindros de concreto los cuales se dejarían en curado; unos especímenes los 3 días, otros a los 7 y finalmente a los 28 días, para evaluar el aumento de la resistencia dado por el fraguado y curado del concreto para luego ser sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión y tracción indirecta.



- c) Para la segunda mezcla se ajustó la dosificación en un 40% de arena y 60% de grava, una relación agua cemento de 0,55 y se realizó el ajuste de agua teniendo en cuenta la humedad y absorción de los materiales, posteriormente se realizó el diseño de la mezcla y se obtuvo el asentamiento esperado y una óptima manejabilidad de la misma. El proceso se realizó en las instalaciones y a cargo del personal profesional del laboratorio de Geofísica S.A.S.

8.3 Ensayo Al Asentamiento De La Mezcla De Concreto Slump

- a) Con respecto al ensayo del asentamiento del concreto “Slump”, después de verificar la especificación inicial en la que se eligió una consistencia Media-Plástica, con un revenimiento de 5 a 10 cms; se puede concluir que el promedio alcanzado por la mezcla patrón a los 28 días fue de 8.9 cms, el concreto con 5% de Pet obtuvo un slump de 9.8 cms a los 28 días de curado y finalmente, el concreto con 7% de Pet registró un slump de 8.5 cms a los 28 días.
- b) Demostrando así, que la mezcla obtenida con la adición de PET, cumplió con los parámetros de manejabilidad, sin afectar considerablemente la unión de las partículas de los agregados y la pasta de cemento. Aunque la resistencia a la compresión disminuyó debido a la incorporación de este agregado plástico, pero responde a las exigencias para su uso como elemento de mobiliario urbano en concreto.
- c) De manera general se puede concluir que mediante este ensayo se logró evaluar la calidad de la elaboración de los especímenes de concreto, lo cual implica una buena dosificación, mezclado y colocación, para así determinar la efectividad del concreto para el uso que se requiere, en este caso para un mobiliario.
- d) A pesar de haber efectuado la caracterización de los materiales y dar como resultado, unos agregados mal gradados, el desempeño en general de los especímenes fue bueno, a pesar de mostrar en la ruptura de los cilindros algunos desprendimientos de partículas de agregados, que no afectaban su rendimiento en cuanto su resistencia al esfuerzo de las cargas axiales.



8.4 Ensayos a la Resistencia a la compresión de especímenes de Concreto

- a) El ensayo se realizó a los especímenes, inmediatamente después de ser extraídos del cuarto de curado (INVIAS-400-13. Num.7. 7.3); en este caso no se usaron los tanques de curado del laboratorio. Este procedimiento se repitió a todos los especímenes correspondientes a los cilindros de 4" (100mm *200mm), con edades de curado a los 3, 7, 28 días y con dosificaciones de Concreto al 100%, Concreto y PET al 5% y finalmente, Concreto y PET al 7%.
- b) Los porcentajes de resistencia a la compresión se lograron tanto para el concreto convencional, así como para la mezcla de concreto más PET al 5%, siendo el escogido para la fabricación de la Banca en Concreto, sin desmeritar los resultados de los especímenes de concreto más PET al 7%, que tuvieron un desempeño óptimo.
- c) Se cumplió con los requerimientos de Resistencia específica, Estructural requerida y Lograda, ya que las lecturas tuvieron como resultado 21.26 Mpa de resistencia a los 28 días para un concreto con adición de PET al 5%.
- d) Según los resultados obtenidos de la evaluación de la resistencia a la compresión de los cilindros de concretos ensayados a las 3, 7 y 28 días de curado, con diferentes porcentajes de PET (0%, 5% y 7%), se pudo observar el comportamiento de la resistencia alcanzada, donde para los tres días de curado el concreto con 5% de PET tuvo la mayor resistencia respecto a los cilindros elaborados sin porcentaje de PET y con el 7%.

8.5 Ensayos a la Resistencia a la Tracción Indirecta de especímenes de Concreto

- a) Según los resultados obtenidos de resistencia a la tracción, se puede concluir que, con el 0% de PET se obtiene la resistencia más alta con 1.86 Mpa, y con el 7% la resistencia más baja con 1.66 Mpa; siendo así, el 5% con una lectura de 1.71 Mpa, el que representa la media de la resistencia obtenida.
- b) Con respecto al concreto con el 5% de PET, que muestra una lectura de 1.71 Mpa, la resistencia a la tracción representa el 8.1% de la resistencia alcanzada a la compresión, el cual su valor fue 21.26 Mpa. Así mismo, con respecto al concreto con el 7% de PET, que presenta una lectura de 1.66 Mpa, esta resistencia a la tracción representa el 8.2% de la resistencia alcanzada a la compresión, el cual su valor fue 20.07 Mpa.



8.6 Diseño Arquitectónico Banca en Concreto y plástico reciclado PET

- a) El generar un elemento constructivo que integre materia prima reciclable, como lo es el Polímero PET adicionado al concreto, brinda un enfoque de sostenibilidad y contribución al aprovechamiento de los residuos plásticos que se generan cada vez más en la ciudad de Popayán, ya que estos se comercializan a otras ciudades o países y no aportan a la industria Caucana, por lo que es pertinente en investigaciones futuras, continuar con este tipo de desarrollos de manufactura.
- b) Se puede concluir que para el diseño de la banca, se basó en un módulo en forma de cubo de 45x45x45 cms, del cual sus medidas están sujetas a los lineamientos de la antropometría de la población trabajadora Colombiana; el objetivo es dar a conocer una propuesta innovadora, que integra la descomposición geométrica del elemento, fraccionándolo para aligerar la forma, reducir el peso y consumo de materiales constructivos, permitir el paso de la luz y generar percepciones a la población a través de la revitalización del espacio público.
- c) Como resultado de la propuesta de diseño se obtuvieron 3 módulos de banca, uno de forma cuadrada, otro triangular para unirse en sus caras laterales con el módulo cuadrado y permitir giros a 30° y, por último, una materia que sirve como elemento de remate de la agrupación de elementos o como articulador; todo esto, para proponer diversas agrupaciones o familias de módulos que se relacionan entre sí, e integrarse de manera ordenada de acuerdo al contexto del lugar donde se ubiquen.
- d) El acabado del elemento como lo es el concreto a la vista, debe ser pulido para crear los biseles en todas las aristas del mobiliario y evitar cortes del resultante desencofrado.
- e) El color natural del concreto es el gris natural, pero se pueden elegir diversos matices de acuerdo a donde sean emplazados los elementos y logren un contraste con el paisaje existente; por ende, con respecto al color adicional del elemento urbano, se recomienda aplicar pigmento en polvo al 7% del volumen total del cemento, este paso se debe realizar durante la mezcla de los materiales en seco.
- f) Para la investigación no se tiene en cuenta el proceso de industrialización y montaje de producción del mobiliario, debido a que el alcance fijado en los objetivos específicos está enmarcado en el análisis técnico de materiales, el comportamiento del plástico reciclado



PET junto al concreto y el diseño arquitectónico, al igual que su costo directo en el análisis de precios unitarios.

- g) Con respecto al costo directo de elaboración de la banca podemos afirmar que, el valor por unidad del mobiliario con el Concreto Convencional, sería de \$ 391.013.00, el cual, a su vez, tendría un incremento del 3.31 % si se compara con el Concreto con PET al 5%, el cual aumentaría su valor a \$ 384.726.00, y finalmente, este último aumentaría a un 1.30% si se compara con el Concreto con PET al 7% con un costo de \$ 396.201.00.
- h) Debido a que la materia prima del plástico reciclado dentro de su ciclo de reutilización, incrementa su valor final, este compensa con la disminución del impacto ambiental y reducción de la huella de carbono, ya que la fuente de plástico reciclado sería aprovechada a nivel local y no en otros contextos de lugar donde se generarían sobrecostos en el transporte del elemento prefabricado.



9 RECOMENDACIONES

Para el diseño de mezcla del concreto con agregados de hojuelas PET, es importante que la mezcla de los agregados se realice en seco, antes de aplicar el agua efectiva, con el objetivo de permitir una distribución uniforme de los materiales, y en el caso del PET se coloca por partes hasta completar la cantidad total, esto teniendo en cuenta que este es muy liviano y al colocarlo húmedo no habrá una buena distribución de las partículas que podría afectar la resistencia del concreto. La anterior actividad realizada con las herramientas y el equipo necesario para la mezcla.

El control de calidad durante el proceso de fabricación de las mezclas de concreto, pruebas de asentamiento, y ensayos a los especímenes, deben ser controlados según las especificaciones de la norma colombiana, por lo que se recomienda para futuras investigaciones, tener la asesoría o acompañamiento de personal calificado para la realización de estas labores, debido a que los procesos que son realizados de manera deficiente, pueden afectar los resultados estadísticos de la investigación.

Se debe considerar continuar con esta investigación, desde el enfoque de la gerencia de proyectos para estimar la viabilidad económica para la industrialización y producción en masa del mobiliario en concreto con PET reciclado; ya que la materia prima generada en la ciudad, no está siendo aprovechada y debido a este aspecto, se comercializa para ser usada en otras ciudades, inclusive en países como el Ecuador.

En ese orden de ideas, en todos los municipios del departamento del Cauca existen espacios de permanencia como parques centrales y barriales donde se pueden proponer proyectos de revitalización de espacios con el mobiliario urbano ecológico. Lo anterior se puede lograr, si existe el apoyo de los actores públicos y privados para desarrollar este tipo de proyectos con enfoque de sostenibilidad.

Finalmente, todo esto no se puede lograr si no existe la concientización a la población de la importancia de la clasificación y gestión de los residuos urbanos a través de campañas y capacitaciones, ya que es la materia prima que se debe aprovechar para crear nuevas industrias, fortalecer la economía local y ambiental a nivel municipal y regional.



10 CRONOGRAMA

Tabla 47. Cronograma

		CRONOGRAMA GENERAL																													
Ítem	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGÍA	TRIMESTRE 1												TRIMESTRE 2						TRIMESTRE 3										
			MES 1			MES 2			MES 3			MES 4			MES 5		MES 6				MES 7										
		Actividades	Sem-1	Sem-2	Sem-3	Sem-4	Sem-5	Sem-6	Sem-7	Sem-8	Sem-9	Sem-10	Sem-11	Sem-12	Sem-13	Sem-14	Sem-15	Sem-16	Sem-17	Sem-18	Sem-19	Sem-20	Sem-21	Sem-22	Sem-23	Sem-24	Sem-25	Sem-26	Sem-27	Sem-28	
1	Analizar las investigaciones y estudios realizados previamente sobre el uso del plástico reciclado PET adicionado al concreto, para determinar la posibilidad de implementar su uso en el diseño de mobiliario urbano ecológico en el municipio de Popayán.	* Revisión Bibliográfica de Antecedentes y Referentes de estudio. * Procedencia y Obtención De Los Agregados y el Plástico Reciclado PET																													
2	Identificar las fuentes locales de materia prima donde serán adquiridos los materiales reciclados para la fabricación de la banca de concreto con agregados de escamas trituradas de plástico PET, y analizar de manera cuantitativa y cualitativa, la oferta y demanda actual del plástico reciclado aprovechable PET en la ciudad de Popayán.	* Identificación de centros de acopio, bodegas, estaciones de clasificación y aprovechamiento. * Cotizaciones y búsqueda de la mejores garantías en Calidad-Precio de la materia prima, evitando sumar los márgenes en la generación de la huella de Carbono. * Revisión en la base Datos estadísticos del PGIRS, y en la información recopilada de los gremios locales sobre oferta y demanda de la materia prima.																													
3	Establecer mediante algunos ensayos de laboratorio, el diseño de mezcla de concreto adicionando un porcentaje de agregados de escamas trituradas de PET, garantizando las especificaciones exigidas por la norma técnica colombiana y adaptarlo a las necesidades del estudio de caso.	* Análisis Granulométrico Por Tamizado De Los Agregados Gruesos (Grava y PET), y Agregados Finos (Arena). *Apoyo de los Laboratorios en Geotecnia del SENA y Geofísica S.A.S, en la ciudad de Popayán. *Actividades supervisadas por los miembros del equipo de investigación.																													
4	Efectuar ensayos de laboratorio a las mezclas de concreto en estado fresco (Asentamiento SLUMP) y endurecido a los cilindros de concreto y adición de PET. (Compresión a los 3, 7, 28 días y Tracción Indirecta a los 28 días).	* Trabajos realizados en las instalaciones de los laboratorios en Geotecnia de la empresa Geofísica S.A.S y La Universidad del Cauca. *Actividades supervisadas por los miembros del equipo de investigación.																													
5	Realizar el diseño arquitectónico y elaboración del Módulo de banca en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET, ajustado a las especificaciones, norma técnica y realizar el costo de producción de la banca.	* Revisión Bibliográfica de referentes en Mobiliario Urbano. *Definir medidas antropométricas para la población objetivo de estudio. * Diseño Arquitectónico, estructural de la banca y definición del polígono urbano a intervenir.																													
6	Enunciar las conclusiones y compilar los resultados de la investigación para ser expuestos en un medio de publicación como un artículo científico.	* Compilar los resultados y recomendar posibles enfoques para su posterior profundización. * Publicación del Artículo Científico, previa revisión y autorización por parte de la Universidad del Cauca.																													

Fuente: Elaboración propia



11 BIBLIOGRAFÍA

11.1 Cibergrafía

- Achury M, Paola, (2014.). Elaboración de elementos urbanos para el Skateboarding a partir de la utilización de PET y concreto en la ciudad de Bogotá. Universidad gran Colombia. Recuperado de:
<https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3131> [22 de Julio de 2.020].
- Acoplásticos, (2.023). Plásticos en Colombia 2022-2023. (P.106). Recuperado de:
<https://acoplásticos.org/index.php/mnu-nos/mnu-pyr/mnu-pyr-pi/378> [6 de enero de 2.023].
- Alcaldía de Popayán. (2016) Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS 2016-2027), p.111, 250.
Recuperado de:
http://www.popayan.gov.co/sites/default/files/documentosAnexos/decreto_20172100000535_15022017.pdf [8 de abril de 2.020].
- Chávez, D. Historia de los plásticos: Desde los plásticos naturales. ISBN: 1-58880-149-7; REIMAT. vol. 1, No. 1 (2012). (p 51 – 53); Artículo de Divulgación. Recuperado de: [www. sites.google.com](http://www.sites.google.com) [31 de enero de 2.023]
- Delgado, Aitziber, (2015). Urbanismo sostenible: la construcción de barrios ecológicos en Europa y España.
Recuperado de: <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/33754> [3 de marzo de 2.020].
- García G, Á y Hernández S, W. (2018-04-08.). Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP). (p.18, 49, 79, 80, 82,83).
Recuperado de: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/655> [21 de Julio de 2.020].
<https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-122-13.pdf>
- Instituto Nacional De Vías – INVIAS - Concreto Hidráulico. Sección 400-13. Numeral. 1, 7. 7.3. Recuperado de:
chrome-
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-003_V1_Normas_Invias_Seccion_400-13.pdf [20 de enero de 2.023].
- Instituto Nacional De Vías - INVIAS INV -E122-13. Norma para determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -Agregado, Recuperado de: <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-122-13.pdf> [30 de enero de 2.023]
- Instituto Nacional De Vías – INVIAS. INV E – 223 – 13. Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso. (Numeral 8.4) Recuperado de: <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-223-13.pdf> [20 de enero de 2.023].



- Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2.013). Norma Invias. ART 630 Concreto Estructural - Capítulo 6. Estructuras y Drenajes. (Num.630-5) Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://gerconcesion.co/invias2013/630%20CONCRETO%20ESTRUCTURAL.pdf> [7 de febrero de 2.023].
- Instituto Nacional De Vías-INVÍAS. Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras. Sección 200. Agregados Pétreos. E-213. Numeral 5.4. Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.umv.gov.co/sisgestion2019/Documentos/APOYO/GLAB/GLAB-DE-002_V1_Normas__Invia_Seccion__200-13.pdf [20 de enero de 2.023].
- Neufert, E. (2019). Neufert. Arte de proyectar en arquitectura. Boletín N. (p, 40). Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://biblioteca.uan.edu.co/images/NuestrosServicios/Boletines/2019/Neiva/3-Octubre-Multidisciplinar-Buganviles.pdf> [2 de febrero de 2.023]
- Norma ASTM C39/C39M-18, (May 25, 2018). Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. Recuperado de: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C39C39M-18-SP.htm> [21 de Julio de 2.020].
- Norma Técnica Colombiana. NTC-174-(2.018)-Concretos-Especificaciones de los Agregados para Concreto. Recuperado de: https://ebooks.icontec.org/searchresults?option=catalog_shelf&keyword=NTC174_2018&type=quick [20 de enero de 2.023].
- Norma Técnica Colombiana. NTC-673 (2.021). Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. 4 edición. Recuperado de: <https://ecollection.icontec.org/normavw.aspx?ID=81097> [1 de febrero de 2.023].
- Norma Técnica Colombiana. NTC-77-(2.018)-Concretos-Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos. Recuperado de: <https://ebooks.icontec.org/product/concretos-mtodo-de-ensayo-para-el-analisis-por-tamizado-los-agregados-finos-y-gruesos> [20 de enero de 2.023].
- Norma Técnica Colombiana. NTC-92-(1.995) Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la Masa Unitaria y Los Vacíos Entre Partículas de Agregados. Recuperado de: <https://ebooks.icontec.org/product/mtodo-de-ensayo-para-la-determinacin-densidad-volumtrica-masa-unitaria-y-vacos-en-agregados> [20 de enero de 2.023].
- O.N.U. (5 de marzo de 2019). Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961> [19 de Julio de 2.020].
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. Recuperado de: <https://dle.rae.es> [2 de febrero de 2.023].



Rivera, G, (1992) Concreto Simple, Universidad del Cauca. (p.167). Repositorio Biblioteca Universidad del Cauca. [21 de noviembre de 2.021].

Rueda, S, (2.013). Urbanismo ecológico. Tria il trasversale gioco dei saperi sella promozione de la città, Volumen 06, (p.127). Recuperado de <http://www.tria.unina.it/index.php/tria/issue/view/131>. [19 de Julio de 2.020].

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACION. (2.019). Cartilla de mobiliario Urbano: Mobiliario de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de:
<https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/mobiliariodebogota.pdf> [1 febrero de 2.023]

Silvestre G, Adán. (2015.). Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (PET) como aditivo para aligerar elementos estructurales. universidad libre seccional Pereira facultad de ingenierías ingeniería civil. Recuperado de:
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17122/AN%c3%81LISIS%20DEL%20CONCRETO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [4 de agosto de 2.021].

11.2 Imágenes:

Aoki, T. (2.012). Boeing 787-8 Dreamliner, All Nippon Airways. Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de:
<http://www.airliners.net/photo/All-Nippon-Airways/Boeing-787-8-Dreamliner/2105773/L> [20 de enero de 2.023].

Díez, S. G. (2009). Carcasa de teléfono realizada en Bakelita negra. Tipo MIME: image/jpeg. Referencias históricas y evolución de los plásticos. Revista Iberoamericana de polímeros, 10(1), 71-80. p.74. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3694957> [20 de enero de 2.023].

Drummyfish. (2.019). Platonic Solids Transparent. Tipo MIME: SVG. Recuperado de:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platonic_Solids_Transparent.svg [3 de febrero de 2.023].

Eugster, Simon A. (2009). Shellac in different colours. Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de:
https://es.wikiversity.org/wiki/Archivo:Shellac_three_colours.jpeg. [20 de enero de 2.023].

EZPAK. (2.020). PET (Polyethylene Terephthalate). Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de:
<https://cdn.shopify.com/s/files/1/2633/4104/files/1qqq.jpg?v=1592419703> [20 de enero de 2.023].

GOOGLE MAPS. (2.023). Ruta Barrio Valladolid, Popayán-Agregados Puracé, Isnos, Cauca. Tipo MIME: jpg. Recuperado de: <https://www.google.com/maps/?hl=es> [20 de enero de 2.023].

GOOGLE MAPS. (2.023). Ruta Barrio Valladolid, Popayán-Planta Recicladora Furrexty, Variante Sur, Popayán-Timbío. Cauca. Tipo MIME: jpg. Recuperado de: <https://www.google.com/maps/?hl=es> [20 de enero de 2.023].



GOOGLE MAPS. (2.023). Ruta Barrio Valladolid, Popayán-Triagregados del Cauca, Monumento a la Chirimía. Popayán. Cauca. Tipo MIME: jpg. Recuperado de: <https://www.google.com/maps/?hl=es> [20 de enero de 2.023].

IED Sostenibilidad. (2.015). PETE-260x260. Tipo MIME: png. Recuperado de: <https://sostenibilidad.iedmadrid.com/wp-content/uploads/sites/24/2015/06/PETE-260x260.png> [20 de enero de 2.023].

In Color Balance. (2.023). Paleta de colores N°1350. Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de: <https://paletasdeclores.com/paleta-de-colores-1350/> [3 de febrero de 2.023]

INPET. (2.018). img/botellas.jpg. Tipo MIME: jpg. Recuperado de: <https://www.inpet.com.py/es/img/botellas.jpg> [20 de enero de 2.023].

Jansoone, G. (2.007). Nefir, a cow's horn, used by dervishes when they approached a village; Mevlâna museum; Konya, Turkey. Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de: <https://es.wikiversity.org/wiki/Archivo:Turkey.Konya062.jpg> [20 de enero de 2.023].

Monoklon. (2.021). Polytetrafluoroethylene (PTFE). Tipo MIME: image/png. Recuperado de: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Polytetrafluoroethylene>

NASA. (2.013). Insignia de la NASA. Tipo MIME: image/svg. Recuperado de: <https://www.nasa.gov/sites/all/themes/custom/nasatwo/images/nasa-logo.svg> [20 de enero de 2.023].

Pschemp. (2.000). Scanning electron microscope image of a bend in a high surface area polyester fiber with an eight-lobed cross section. Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SEMexample.jpg> [20 de enero de 2.023].

Quesada, C. Á., Ramírez, I. P., Baracaldo, J. S. C., & Álvarez, C. G. (2009). Tipo MIME: image/jpeg. Gutapercha: pasado y presente. Gaceta dental: Industria y profesiones, (202), p127. Recuperado de: <https://gacetadental.com/2011/09/gutapercha-pasado-y-presente-4652/> [20 de enero de 2.023].


restauero-online.com. (2.022). Acetato de Polivinilo (PVAc). Tipo MIME: image/jpeg. Recuperado de: <https://www.restauero-online.com/El-acetato-de-polivinilo-PVAc> [20 de enero de 2.023].





12 LISTA DE ANEXOS





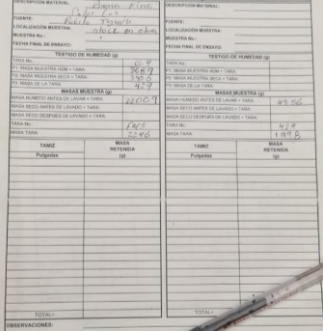
Anexo A. Bitácora 1. Caracterización de los Agregados.....	108
Anexo B. Bitácora 2. Caracterización de los Agregados	126
Anexo C. Bitácora 3. Caracterización de los Agregados	145
Anexo D. Ensayos Para Arena, Grava y Plástico	151
Anexo E. Ensayos Para Arena, Grava y Plástico-Tamiz Faltante.....	161
Anexo F. Ensayo Para la Determinación de la Densidad Volumétrica.....	163
Anexo G. Ensayos Resistencia a la Compresión Concreto Hidráulico.....	165
Anexo H. Certificado Calibración de Equipos	171
Anexo I. Planilla Ensayos Compresión - Muestra Patrón.....	178
Anexo J. Planilla Ensayos Compresión 5% PET.....	180
Anexo K. Planilla Ensayos Compresión 7% PET	183
Anexo L. Planilla Ensayos a Tracción.....	186
Anexo M. Fichas Técnicas Mobiliario Urbano Con PET	188
Anexo N. Plano Arquitectónico Mobiliario.....	193
Anexo O. Plano Arquitectónico Urbano y Perfil Transversal	195
Anexo P. Plano Estructural.....	197
Anexo Q. Presupuesto-Análisis de Precios Unitarios.....	199
Anexo R. Renders.....	206


Anexo A. Bitácora 1. Caracterización de los Agregados





**INSTRUCTIVO DE ENSAYO – DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS
(INV.E-123-13)**

Equipos	Descripción	Norma (INV.E-123-13)	Imágenes
	Balanza Digital	2.1	
	Tamices	2.2	
	Horno	2.9	
	Otros Accesorios-Recipientes para secado, brocha, cepillo, tapabocas	2.11 Y 2.13	

Mecanismo	1. Proceso con Testigo de Humedad	Norma-Numeral	Imágenes
	<p>1.1. Tomar un testigo de humedad de acuerdo con el tipo y tamaño máximo del material. Registrar datos.</p>	(INV.E-122-13)	
	<p>1.2. Seleccionar una muestra representativa de material por el método de cuarteo. Agregado Fino: Después de secada la muestra, de Agregado Fino para el análisis granulométrico, deberá tener una masa mínima de 300 gramos. Agregado Grueso: La masa mínima de la muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico después de secada, depende del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado según la Tabla 1.</p>	(INV.E-202-13)	
	<p>1.3. Pesar la muestra húmeda con la Tara y registrar como masa muestra húmeda antes de lavar + Tara. Registrar datos.</p>	-	
	<p>1.4. Colocar la Muestra en Saturación y lavarla sobre el tamiz de 75 μm (N°200) o proceder inmediatamente a lavado.</p>	6.5.1	

<p>1.5. Secar la muestra lavada hasta masa constante.</p>	<p>-</p>	
<p>1.6. Pesar la muestra y registrar como Masa Muestra Seca después de lavar +Tara.</p>	<p>6.5.1</p>	
<p>1.7. Verificar la serie de tamices a utilizar según el tipo de material a ensayar y ubicarlos en forma decreciente según el tamaño de la abertura.</p>	<p>6.5.1</p>	
<p>1.8. Proceder al tamizado, manual o mecánico. Si se presentan tamices sobrecargados, las muestras deben ser tamizadas en varias porciones retenidas en cada tamiz, se juntarán luego para realizar la pesada. Verificar con la prueba del minuto.</p>	<p>6.5.1</p>	
<p>1.9. Pesar los retenidos en cada tamiz y se registran como masa retenida en cada uno de los tamices. Registrar datos.</p>	<p>6.5.1</p>	

<p>1.10. Se recomienda No botar la muestra hasta que se autorice lo contrario.</p>	<p>-</p>	
--	----------	---

Mecanismo	2. Proceso sin Testigo de Humedad	Norma-Numeral	
	<p>2.1. Seleccionar una muestra representativa de material por el método de cuarteo según la norma.</p>	<p>(INV.E-202-13)</p>	
	<p>2.2. Secar la muestra lavada hasta masa constante.</p>	<p>5.1</p>	
	<p>2.3. Pesar la muestra y registrar como Masa Muestra Seca antes de lavar +Tara. Registrar datos.</p>	<p>5.1</p>	
	<p>2.4. Colocar la Muestra en Saturación y lavarla sobre el tamiz de 75 µm (N°200) o proceder inmediatamente a lavado.</p>	<p>5.1</p>	


	2.5. Continuar con los pasos 1.5 a 1.10	-	
--	---	---	---


Tabla 1. Tamaño Máximo Nominal y Masa Mínima de Muestras de Ensayo.



Tamaño Máximo Nominal (TMN) – Tamices con Aberturas Cuadradas en mm y pulgadas.	Masa Mínima de la muestra de ensayo (Kg y Lb)
9.5 (3/8")	1 (2)
12.5 (1/2")	2 (4)
19.0 (3/4")	5 (11)
25.0 (1")	10 (22)
37.5 (1 1/2")	15 (33)
50.0 (2")	20 (44)
63.0 (2 1/2")	35 (77)
75.0 (3")	60 (130)
90.0 (3 1/2")	100 (220)
100.0 (4")	150 (330)
125.0 (5")	300 (660)


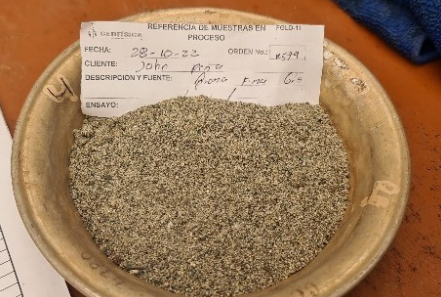
Fuente. Norma Invías. Sección 200. Agregados Pétreos. E-213. Numeral 5.4.





Nota: Según la norma se utilizará el tamaño de tamiz de **9.5mm (3/8")**





INSTRUCTIVO DE ENSAYO – DENSIDAD "BULK" (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTADO (INV.E-217-13)





	Descripción	Norma (INV.E-217-13)	Imágenes
Equipos	Balanza digital con división de escala de 0.1 g.	4.1	



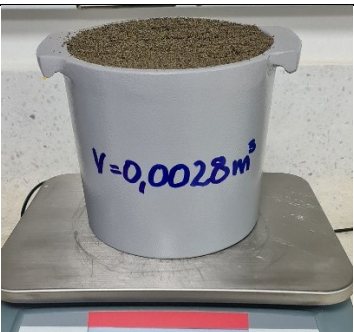

<p>Horno.</p>	<p>-</p>	
<p>Varilla Compactadora, Recipiente de Medida Calibrado, Pala o Cuchara. <u>Varilla compactadora de acero cilíndrica de 16 mm (5/8" de diámetro Long. 600 ml (24") y extremo semi esférico)</u></p>	<p>4.2 – 4.5</p>	

Mecanismo	Descripción	Norma-Numeral	Imágenes
	<p>1. Obtener una muestra por cuarteo.</p>	<p>(INV.E-202-13)</p>	
<p>2. Secar la muestra al horno hasta peso constante, o en su defecto, determinar su humedad justo después del ensayo y registrar los datos.</p>	<p>5</p>		




A. DENSIDAD "BULK" DEL AGREGADO COMPACTADO	Norma-Numeral	Imágenes
Método del Apisonado o Varillado. TMN Menor o igual a 37.5 mm (1 ½").	8	
3. Pesar el Molde, Determinar el volumen y registrar datos.	8	
4. Colocar material en el recipiente normalizado y de acuerdo a su tamaño máximo, en 3 capas aproximadamente iguales. La caída del agregado desde la altura de 3" sobre el recipiente	8	
5. Apisonar cada capa con 25 golpes de varilla.	8	
6. Enrasar con la mano de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.	8	



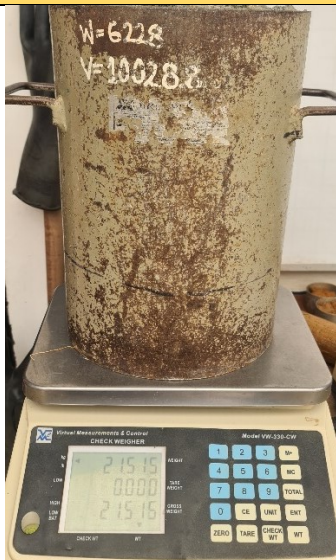
<p>7. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar los datos.</p>	<p>8</p>	
<p>8. Repetir el proceso al menos 4 veces y registrar los datos.</p>		
<p>Método del Vibrado. TMN Mayor a 37.5 mm (1 ½") y menor o igual a 125 mm (5").</p>	<p>9</p>	
<p>9. Colocar material en el recipiente, en 3 capas aproximadamente iguales.</p>	<p>9</p>	
<p>10. Inclinar el molde hacia un lado, levantándolo 5 cms del piso y luego soltarlo con un golpe seco. Se repite inclinando el molde hacia el borde opuesto. Se repite el procedimiento 25 veces por lado.</p>	<p>9</p>	
<p>11. Repetir proceso para cada capa.</p>	<p>9</p>	





<p>12. Enrasar de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.</p>	<p>9</p>	
<p>13. Pesar el molde, determinar el volumen del molde y registrar datos.</p>	<p>9</p>	
<p>14. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar datos.</p>	<p>9</p>	
<p>15. Repetir el procedimiento al menos 4 veces y registrar los datos.</p>		
<p>B. DENSIDAD "BULK" DEL AGREGADO SUELTO</p>		
<p>Método del Llenado de Paladas. TMN Hasta de 125 mm (5").</p>	<p>10</p>	




<p>16. Homogenizar el material y llenar el recipiente con una pala o cuchara, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50mm (2") por encima del borde del recipiente.</p>	<p>10</p>	
<p>17. Enrasar de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.</p>	<p>10</p>	
<p>18. Pesar el molde, determinar el volumen del molde y registrar datos.</p>	<p>10</p>	
<p>19. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar datos.</p>	<p>10</p>	
<p>20. Repetir el procedimiento al menos 4 veces y registrar los datos.</p>		

INSTRUCTIVO DE ENSAYO – DENSIDAD “BULK” (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS EN LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTADO (INV.E-217-13)

Equipos	Descripción	Norma (INV.E-217-13)	Imágenes
	Balanza digital con división de escala de 0.1 g.	4.1	
	Horno.	-	
	<p>Varilla Compactadora, Recipiente de Medida Calibrado, Pala o Cuchara.</p> <p><u>Varilla compactadora de acero cilíndrica de 16 mml (5/8" de diámetro Long. 600 ml (24") y extremo semi esférico)</u></p>	4.2 – 4.5	

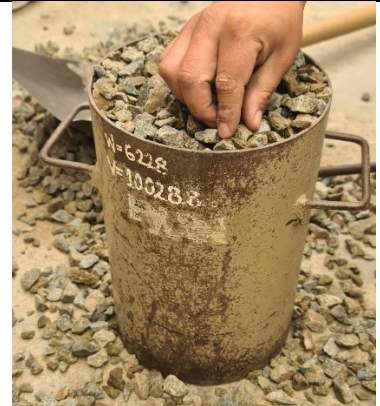
Mecanismo	Descripción	Norma-Numeral	Imágenes
	21. Obtener una muestra por cuarteo.	(INV.E-202-13)	
	22. Secar la muestra al horno hasta peso constante, o en su defecto, determinar su humedad justo después del ensayo y registrar los datos.	5	
	C. DENSIDAD "BULK" DEL AGREGADO COMPACTADO	Norma-Numeral	Imágenes
	Método del Apisonado o Varillado. TMN Menor o igual a 37.5 mm (1 1/2").	8	
	23. Pesar el Molde, Determinar el volumen y registrar datos.	8	

<p>24. Colocar material en el recipiente normalizado y de acuerdo a su tamaño máximo, en 3 capas aproximadamente iguales.</p> <p><u>La caída del agregado desde la altura de 3" sobre el recipiente</u></p>	<p>8</p>	
<p>25. Apisonar cada capa con 25 golpes de varilla.</p>	<p>8</p>	
<p>26. Enrasar con la mano de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.</p>	<p>8</p>	
<p>27. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar los datos.</p>	<p>8</p>	

<p>28. Repetir el proceso al menos 4 veces y registrar los datos.</p>	<p>8</p>	
<p>Método del Vibrado. TMN Mayor a 37.5 mm (1 ½") y menor o igual a 125 mm (5").</p>		
<p>29. Colocar material en el recipiente, en 3 capas aproximadamente iguales.</p>	<p>9</p>	
<p>30. Inclinar el molde hacia un lado, levantándolo 5 cms del piso y luego soltarlo con un golpe seco. Se repite inclinando el molde hacia el borde opuesto. Se repite el procedimiento 25 veces por lado.</p>	<p>9</p>	
<p>31. Repetir proceso para cada capa.</p>		

32. Enrasar de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.

9



33. Pesar el molde, determinar el volumen del molde y registrar datos.

9

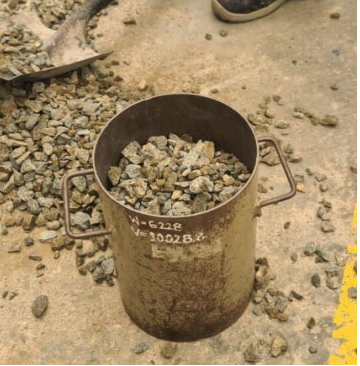




34. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar datos.

9

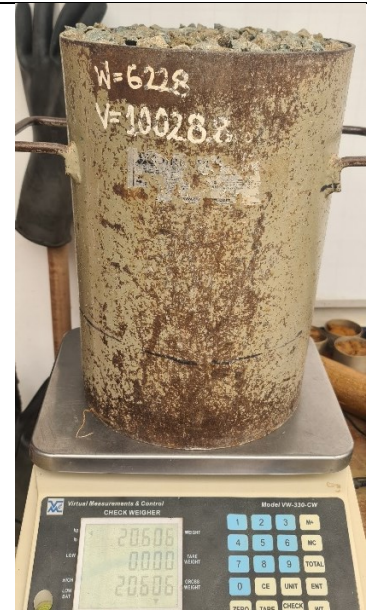


35. Repetir el procedimiento al menos 4 veces y registrar los datos.

D. DENSIDAD "BULK" DEL AGREGADO SUELTO	Norma- Numeral	
<p>Método del Llenado de Paladas. TMN Hasta de 125 mm (5").</p>	<p>10</p>	
<p>36. Homogenizar el material y llenar el recipiente con una pala o cuchara, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50mm (2") por encima del borde del recipiente.</p>	<p>10</p>	
<p>37. Enrasar de tal forma que las depresiones se compensen con las salientes del borde del molde y determinar la masa del recipiente lleno, registrando los datos.</p>	<p>10</p>	

38. Pesar el molde, determinar el volumen del molde y registrar datos.

10



39. Tomar muestra del material para determinar su humedad justo después del ensayo y registrar datos.





10






40. Repetir el procedimiento al menos 4 veces y registrar los datos.

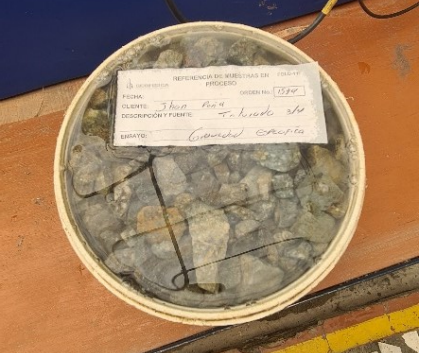



Anexo B. Bitácora 2. Caracterización de los Agregados

INSTRUCTIVO DE ENSAYO – DENSIDAD-DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (INV.E-223-13)

Equipos	Descripción	Norma (INV.E-223-13)	Imágenes
	Balanza digital con división de escala de 0.1 g	5.1	
	Canastilla metálica, Tanque de agua, Dispositivo para suspensión.	52-5.4	 
	Tamices N° 4 y otro que sea necesario.	5.5	




	<p>Horno</p>	<p>5.6</p>	
--	--------------	------------	---


Mecanismo	Descripción	Norma-Numeral	Imágenes
	<p>1. Tamizar inicialmente por el tamiz N°4 (4.75 mm) y luego lavarlo con el mismo tamiz.</p>	<p>6.2</p>	
	<p>2. Cuartear el material y escoger entre 2 y 4 porciones representativas de acuerdo con el tamaño máximo del material.</p>	<p>6.3</p>	




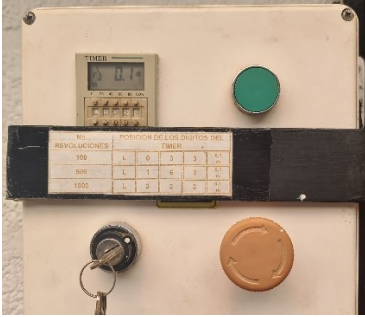
<p>3. Sumergir la primera porción de material en agua por 24 ± 4 Horas, a temperatura ambiente.</p>	<p>7.1</p>	
<p>4. Llevar la muestra al estado SSS (Saturado Superficialmente Seco), secando las partículas con una toalla hasta dejarlas sin brillo (Eliminación de Agua Libre), cubriendo con una toalla húmeda, las partículas en estado SSS (Saturado Superficialmente Seco) para evitar que se sequen.</p>	<p>7.3</p>	
<p>5. Determinar la masa en el aire de la muestra en estado SSS (Saturado Superficialmente Seco) y registrar los datos.</p>	<p>7.3</p>	
<p>6. Colocar la muestra en el interior de la canastilla metálica.</p>	<p>7.4</p>	





<p>7. Determinar la masa sumergida en el agua a temperatura de $23 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ y registrar los datos.</p>	<p>7.4</p>	
<p>8. Secar la muestra en el horno hasta masa constante.</p>	<p>7.5</p>	
<p>9. Determina la masa seca y registrar los datos.</p>	<p>7.5</p>	
<p>10. Repetir el procedimiento con las dos (2) porciones restantes.</p>	<p>-</p>	

INSTRUCTIVO DE ENSAYO – RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½”) POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (INV.E-218-13)





Equipos	Descripción	Norma (INV.E-218-13)	Imágenes
	Balanza digital con sensibilidad de (0.1 g) o (1 g) según la necesidad.	4.3	
	Horno.	4.5	
	Tamices.	4.2	
	Máquina de los Ángeles.	4.1	


Carga Abrasiva – Esferas de acero.	4.4	
------------------------------------	-----	---




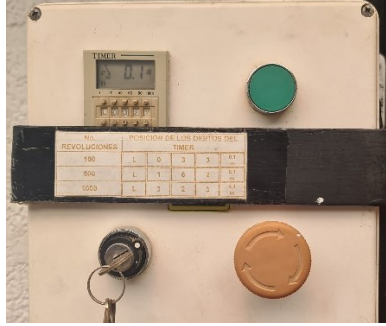
Mecanismo	Descripción	Norma-Numeral	Imágenes
	1. Lavar la muestra y secar a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta masa constante.	5.2	
	2. Elegir la gradación (A, B, C o D. La más parecida a la gradación del material de ensayo), y separar la muestra en las fracciones requeridas, según el tamaño máximo del material. Registrar el tipo de gradación a usar.	5.3	
	3. Colocar en la máquina de los ángeles, la carga abrasiva (Esferas de acero) y la muestra. Registrar el número de esferas.	6.1	
	4. Programar el número de revoluciones por tiempo en el tacómetro y hacer girar la máquina hasta completar la cantidad de revoluciones requerida. Registrar el número de revoluciones.	6.1	





<p>5. Descargar el material del cilindro en la bandeja del equipo. Nota: Si se determina la pérdida después de 100 rpm se debe evitar cualquier pérdida de la muestra, la muestra total incluido el polvo producido por el desgaste, se vuelve a introducir en la máquina hasta completar las 500 rpm requeridas para completar el ensayo.</p>	<p>6.1</p>	
<p>6. Tamizar el material extraído sobre el tamiz de 1.70 mm (N° 12).</p>	<p>6.1</p>	
<p>7. Lavar el material extraído sobre el tamiz N° 12 y secarlo a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, si es necesario.</p>	<p>6.1</p>	
<p>8. Pesar el material retenido y seco. Registrar los datos.</p>	<p>6.1</p>	

INSTRUCTIVO DE ENSAYO – RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS MAYORES DE 19 mm (3/4”) POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (INV.E-219-13)

Equipos	Descripción	Norma (INV.E-219-13)	Imágenes
	Balanza digital con sensibilidad de (0.1 g) o (1 g) según la necesidad.	4.3	
	Horno.	4.4	
	Tamices.	4.2	
	Máquina de los Ángeles.	4.1	

Carga Abrasiva – Esferas de acero.	4.5	
------------------------------------	-----	---

Mecanismo	Descripción	Norma-Numeral	Imágenes																																																																																																																																							
	1. Lavar la muestra y secar a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta masa constante.	5.2																																																																																																																																								
	2. Elegir la gradación (1, 2, o 3. La más parecida a la gradación del material de ensayo), y separar la muestra en las fracciones requeridas, según el tamaño máximo del material. Registrar el tipo de gradación a usar.	5.3	 <table border="1"> <caption>RESISTENCIA A LA DEGRADACION DE LOS AGREGADOS (DESGASTE) EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES IN-E-218-219-13 DATOS SOBRE GRADACION, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES PESO Y DEGRADACION DE LA MUESTRA (g)</caption> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMANOS</th> <th colspan="7">PESO Y DEGRADACION DE LA MUESTRA (g)</th> </tr> <tr> <th>PASA</th> <th>RETENIDO</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3"</td> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±50</td> <td>5000±25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>1250±25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±50</td> <td>5000±25</td> <td>5000±25</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>1250±25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±50</td> <td></td> <td>5000±25</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>3/8"</td> <td>1250±10</td> <td>2500±10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>3/16"</td> <td>1250±10</td> <td>2500±10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/16"</td> <td>Nº 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500±10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2500±10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000±10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTALES</td> <td></td> <td>5000±10</td> <td>5000±10</td> <td>5000±10</td> <td>5000±10</td> <td>10000±50</td> <td>10000±50</td> <td>10000±25</td> </tr> <tr> <td>Nº DE ESFERAS</td> <td></td> <td>12</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Nº DE REVOLUCIONES</td> <td></td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>	TAMANOS		PESO Y DEGRADACION DE LA MUESTRA (g)							PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3	3"	2 1/2"					2500±50			2 1/2"	2"					2500±50			2"	1 1/2"					2500±50	5000±25		1 1/2"	1"	1250±25				2500±50	5000±25	5000±25	1"	3/4"	1250±25				2500±50		5000±25	3/4"	3/8"	1250±10	2500±10						3/8"	3/16"	1250±10	2500±10						3/16"	Nº 4			2500±10					Nº 4	Nº 8				2500±10				Nº 8					5000±10				TOTALES		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±50	10000±50	10000±25	Nº DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12	Nº DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000
	TAMANOS		PESO Y DEGRADACION DE LA MUESTRA (g)																																																																																																																																							
	PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3																																																																																																																																	
3"	2 1/2"					2500±50																																																																																																																																				
2 1/2"	2"					2500±50																																																																																																																																				
2"	1 1/2"					2500±50	5000±25																																																																																																																																			
1 1/2"	1"	1250±25				2500±50	5000±25	5000±25																																																																																																																																		
1"	3/4"	1250±25				2500±50		5000±25																																																																																																																																		
3/4"	3/8"	1250±10	2500±10																																																																																																																																							
3/8"	3/16"	1250±10	2500±10																																																																																																																																							
3/16"	Nº 4			2500±10																																																																																																																																						
Nº 4	Nº 8				2500±10																																																																																																																																					
Nº 8					5000±10																																																																																																																																					
TOTALES		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±50	10000±50	10000±25																																																																																																																																		
Nº DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12																																																																																																																																		
Nº DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000																																																																																																																																		
3. Colocar en la máquina de los ángeles, la carga abrasiva (Esferas de acero) y la muestra. Registrar el número de esferas.	6.1																																																																																																																																									
4. Programar el número de revoluciones por tiempo en el tacómetro y hacer girar la máquina hasta completar la cantidad de revoluciones requerida. Registrar el número de revoluciones. Nota: Si se determina la pérdida después de 200 rpm se debe evitar cualquier pérdida de la muestra, la muestra total incluido el polvo producido por el desgaste, se vuelve a introducir en la	6.1																																																																																																																																									



<p>máquina hasta completar las 1000 rpm requeridas para completar el ensayo.</p>		
<p>5. Descargar el material del cilindro en la bandeja del equipo.</p>	<p>6.1</p>	
<p>6. Tamizar el material extraído sobre el tamiz de 1.70 mm (N° 12).</p>	<p>6.1</p>	
<p>7. Lavar el material extraído sobre el tamiz N° 12 y secarlo a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, si es necesario.</p>	<p>6.1</p>	
<p>8. Pesar el material retenido y seco. Registrar los datos.</p>	<p>6.1</p>	


**RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS (DESGASTE) EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.
NORMA-INV-E-218-219-13**


DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES





TAMAÑOS		PESO Y DEGRADACIÓN DE LA MUESTRA (g)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 ½"	-	-	-	-	2500±50	-	-
2 ½"	2"	-	-	-	-	2500±50	-	-
2"	1 ½"	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-
1 ½"	1"	1250±25	-	-	-	-	5000±25	-
1"	¾"	1250±25	-	-	-	-	-	5000±25
¾"	½"	1250±10	2500±10	-	-	-	-	5000±25
½"	3/8"	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
3/8"	¼"	-	-	2500±10	-	-	-	-
¼"	N°4	-	-	2500±10	-	-	-	-
N°4	N°8	-	-	-	5000±10	-	-	-
TOTALES		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±50	10000±75
N° De Esferas		12	11	8	6	12	12	12
N° De Revoluciones		500	500	500	500	1000	1000	1000




**INSTRUCTIVO DE ENSAYO – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO Y FINO + PET
(INV.E-213-13)**


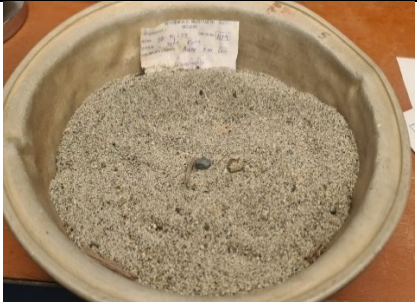
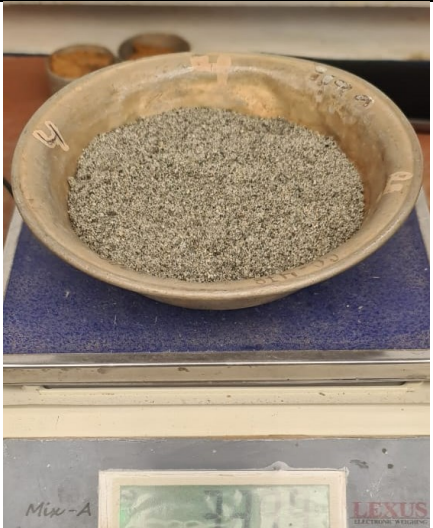

Equipos	Descripción	Norma (INV.E- 123-13)	Imágenes
	<p>Balanza Digital con división de escala de 01, g o 0,5 según corresponda</p>	2.1	
<p>Tamices</p> <p><i>(selección de tamiz según - según banda granulométrica BANDA DE TAMICES Tamiz 1"- 3/4" - 1/2" - 3/8" - N°4" - N°8" - N°16" - N°30" - N°50" - N°100" - N°200" - pasa N°200" - CONCRETO HIDRAULICO ESTRCUTURAL ART. 630 - 13, agregado fino)</i></p>	2.2		

	Horno	2.9	
	Otros Accesorios-Recipientes para secado, brocha, cepillo, tapabocas		
2.11 Y 2.13			

Mecanismo	1. Proceso con Testigo de Humedad	Norma-Numeral	Imágenes
		1.1. Tomar un testigo de humedad de acuerdo con el tipo y tamaño máximo del material. Registrar datos.	(INV.E-122-13)
	1.2. Seleccionar una muestra representativa de material por el método de cuarteo.	(INV.E-202-13)	



<p>1.2. Pesar la muestra húmeda con la Tara y registrar como masa muestra húmeda antes de lavar + Tara. Registrar datos.</p>		
<p>1.3. lavar la muestra sobre el tamiz de 75 μm (N°200)</p>	<p>5.7</p>	
<p>1.5. Secar la muestra lavada hasta masa constante. 110 grados</p>	<p>6.1</p>	
<p>1.6. Pesar la muestra y registrar como Masa Muestra Seca después de lavar +Tara.</p>	<p>6.1</p>	

<p>1.7. Verificar la serie de tamices a utilizar según el tipo de material a ensayar y ubicarlos en forma decreciente según el tamaño de la abertura.</p> <p><i>(selección de tamiz según - según banda granulométrica BANDA DE TAMICES Tamiz 1" - 3/4" - 1/2" - 3/8" - N°4" - N°8" - N°16" - N°30" - N°50" - N°100" - N°200" - pasa N°200" - CONCRETO HIDRAULICO ESTRCUTURAL ART. 630 - 13, agregado fino)</i></p>	<p>6.2</p>	
<p>1.8. Proceder al tamizado, manual o mecánico. Si se presentan tamices sobrecargados, las muestras deben ser tamizadas en varias porciones retenidas en cada tamiz, se juntarán luego para realizar la pesada. Verificar con la prueba del minuto.</p>	<p>6.3 6.5</p>	
<p>1.9. Pesar los retenidos en cada tamiz y se registran como masa retenida en cada uno de los tamices. Registrar datos.</p>	<p>6.7</p>	
<p>1.10. no botar la muestra hasta que el coordinador de laboratorio lo autorice</p>		

Mecanismo	2. Proceso sin Testigo de Humedad	Norma-Numeral	
	2.1. Seleccionar una muestra representativa de material por el método de cuarteo según la norma.	(INV.E-202-13)	
	2.2. Secar la muestra lavada hasta masa constante.	6.1	
	2.3. Pesar la muestra seca con la tara y registrar como masa muestra seca antes de lavar +Tara. Registrar datos.	*	
	2.4. lavar la muestra sobre el tamiz de 75 µm (N°200).	5.7	

2.6. Continuar con los pasos 1.5 a 1.10

**INSTRUCTIVO DE ENSAYO – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESO Y FINO +PET
(INV.E-213-13)**




Equipos	Descripción	Norma (INV.E-123-13)	Imágenes
	Balanza Digital con división de escala de 01, g o 0,5 según corresponda	2.1	
Tamices <i>(selección de tamiz según - según banda granulométrica BANDA DE TAMICES Tamiz 1/2" - 3/8" - N°4" - N°8" - N°16" - N°30" - N°50" - N°100" - N°200" pasa N°200" - CONCRETO HIDRAULICO ESTRCUTURAL ART. 630 - 13, agregado fino)</i>	2.2		

CONCRETO HIDRAULICO ESTRCUTURAL ART. 630 – 13

AGREGADO FINO												
TAMIZ	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4"	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	P/N°200

AGREGADO GRUESO												
TAMIZ	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	P/N°16

Para la selección de tamiz se toma como referencia el art. 630 -13 CONCRETO HIDRAULICO ESTRUCTURAL

Mecanismo	1. Proceso con Testigo de Humedad	Norma-Numeral	Imágenes
	<p>1.2. Seleccionar una muestra representativa de material por el método de cuarteo. <i>Se toma 378 g de hojuela PET</i></p>	<p>(INV.E-202-13)</p>	
	<p>1.6. Pesar la muestra y registrar como Masa Muestra Seca después de lavar +Tara.</p>	<p>6.1</p>	
	<p>1.7. Verificar la serie de tamices a utilizar según el tipo de material a ensayar y ubicarlos en forma decreciente según el tamaño de la abertura.</p> <p>(selección de tamiz según - según banda granulométrica BANDA DE TAMICES Tamiz 1/2" - 3/8" - N°4" -N°8"- N°16"- N°30"- N°50"- N°100"- N°200" pasa N°200" - CONCRETO HIDRAULICO ESTRCUTURAL ART. 630 - 13, agregado fino)</p>	<p>6.2</p>	

1.8. Proceder al tamizado, manual o mecánico. Si se presentan tamices sobrecargados, las muestras deben ser tamizadas en varias porciones retenidas en cada tamiz, se juntarán luego para realizar la pesada. Verificar con la prueba del minuto.

6.3 6.5



1.9. Pesar los retenidos en cada tamiz y se registran como masa retenida en cada uno de los tamices. Registrar datos.

6.7

PROFISMA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (GRADACIÓN)		FOJO 12
		TOMA DE DATOS		Rev. 01
CALLE N.º 125, 213 y 214 - 13 / NTC 77, 78, 1822		ORDEN SERVICIO N.º		Página 1 de 1
CLIENTE:	INSA	DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Asfalto	
OBRA:	Asfalto	PLANTAS:		
LOCALIZACIÓN MUESTRA:		LOCALIZACIÓN MUESTRA:		
MUESTRA N.º:		MUESTRA N.º:		
FECHA FINAL DE ENSAYO:		FECHA FINAL DE ENSAYO:		
TESTIGO DE HUMEDAD (%)		TESTIGO DE HUMEDAD (%)		
TARA (g):		TARA (g):		
(1) MASA MUESTRA SECA + TARA:		(1) MASA MUESTRA SECA + TARA:		
(2) MASA MUESTRA SECA + TARA:		(2) MASA MUESTRA SECA + TARA:		
(3) MASA DE LA TARA:		(3) MASA DE LA TARA:		
MASA MUESTRA (g)		MASA MUESTRA (g)		
MASA HUMEDA ANTES DE LAVAR + TARA:	602.5	MASA HUMEDA ANTES DE LAVAR + TARA:		
MASA SECA ANTES DE LAVAR + TARA:		MASA SECA ANTES DE LAVAR + TARA:		
MASA SECA DESPUÉS DE LAVAR + TARA:	602.5	MASA SECA DESPUÉS DE LAVAR + TARA:		
TARA (g):	67.5	TARA (g):		
MASA TARA:	67.6	MASA TARA:		
TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	
75	0.5	Polvos		
150	16.1			
300	255.7			
450	53.1			
750	11.7			
1060	0.5			
1500	0.5			
2000	0.5			
2500	0.1			
TOTAL:		TOTAL:		
OBSERVACIONES:				
REALIZO:	COORD. LABORATORIO:	DIGITO:		




1.10. no botar la muestra hasta que el coordinador de laboratorio lo autorice


*












Anexo C. Bitácora 3. Caracterización de los Agregados



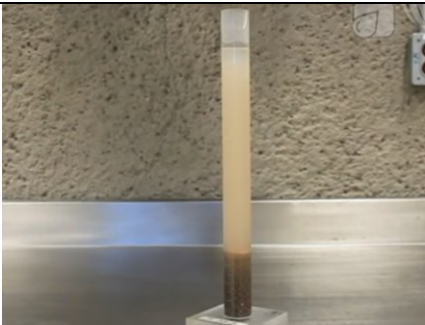
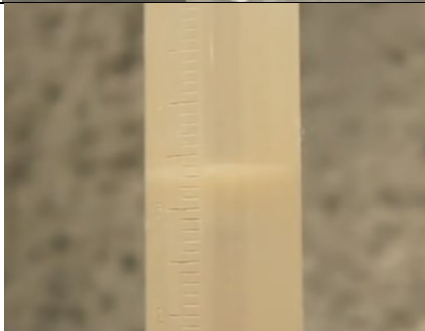
INSTRUCTIVO DE ENSAYO – EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADOS FINOS (INV.E-133-13)


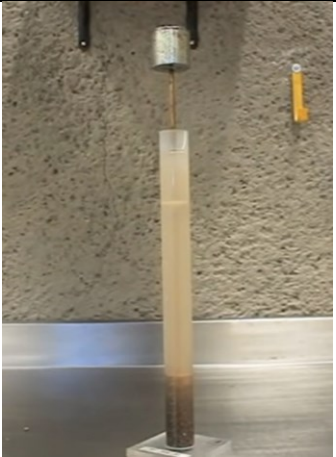
Equipos	Descripción	Norma (INV.E-133-13)	Imágenes
	<p>Cilindro Graduado de Plástico, Tapón Macizo, Tubo Irrigador y flexible. Botellón de 3.785 lts, Dispositivo para tomar lectura, embudo, cronómetro, recipiente metálico.</p>	6.0	
	<p>Horno</p>	6.0	
<p>Tamiz N°4</p>	6.0		

Mecanismo	Descripción	Norma (INV.E-133-13)	Imágenes
	<p>Preparación de la solución de trabajo: En 23ml de solución Stock en 977 ml de agua destilada, teniendo en cuenta de llenar el galón de 3/4 del nivel.</p>	7.0	

<p>Muestra: Utilizar material pasante por el tamiz de 4.750mm (N° 4).</p>	<p>8.0</p>	
<p>Cuartear muestra hasta obtener aproximadamente 1.500gr, para llenar al menos cuatro (4) recipientes metálicos de 85 ml (30 oz), ya sea al horno 110 ± 5 o prehumedecida.</p>	<p>8.0</p>	
<p>Muestra Seca al Horno. Procedimiento A: Cuartear suficiente material de tal forma que al llenar el recipiente metálico quede por encima, golpeando el recipiente sobre una base firme durante el proceso y finalmente se enrasa.</p>	<p>8.0</p>	
<p>Muestra Prehumedecida. Procedimiento B: Muestra con una humedad tal, que al apretarla con la mano se pueda formar una masilla que se pueda manejar con cuidado sin romperse. Se forma una pila y se llena el recipiente de 85 ml (3 oz) empujándolo a través de la base de esta, a la vez que se ejerce presión con la mano en sentido opuesto para hacer que el material lo llene hasta rebosar y se enrasa.</p>	<p>8.0</p>	
<p>1. Verter la solución de trabajo en cada cilindro, hasta los 101.6 ± 2.54 mm (4 ± 0.1")</p>	<p>10.0</p>	

<p>2. Verter la muestra medida como se dijo anteriormente, cilindro con ayuda de un embudo y golpear con la mano la base del mismo.</p>	10.0	
<p>3. Dejar en reposo 10 ± 1 minuto.</p>	10.0	
<p>4. Tapar y aflojar el material del fondo.</p>	10.0	
<p>5. Proceder a agitar el cilindro manualmente en 90 ciclos en 30 segs.</p>	10.0	

	<p>6. Colocar el cilindro verticalmente</p>	<p>10.0</p>	
	<p>7. Lavar el material con el tubo irrigador hasta verter solución de trabajo a una altura de 381 mm (15")</p>	<p>10.0</p>	
	<p>8. Dejar en reposo durante 20 min ± 15 s.</p>	<p>10.0</p>	
	<p>9. Determinar la lectura de arcilla en la parte superior de la suspensión. Registrar los datos.</p>	<p>10.10</p>	

	<p>10. Determinar la lectura de la arena introduciendo el dispositivo lentamente, evitando golpear las paredes del cilindro. Registrar los datos.</p>	10.11	
	<p>11. Después de tomar las lecturas se sacará el material del cilindro y se lavará con agua. Se realiza el anterior procedimiento para dos muestras más desde el paso 2 al 11, tomando las precauciones para cumplir los tiempos establecidos.</p>	-	

Anexo D. Ensayos Para Arena, Grava y Plástico



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

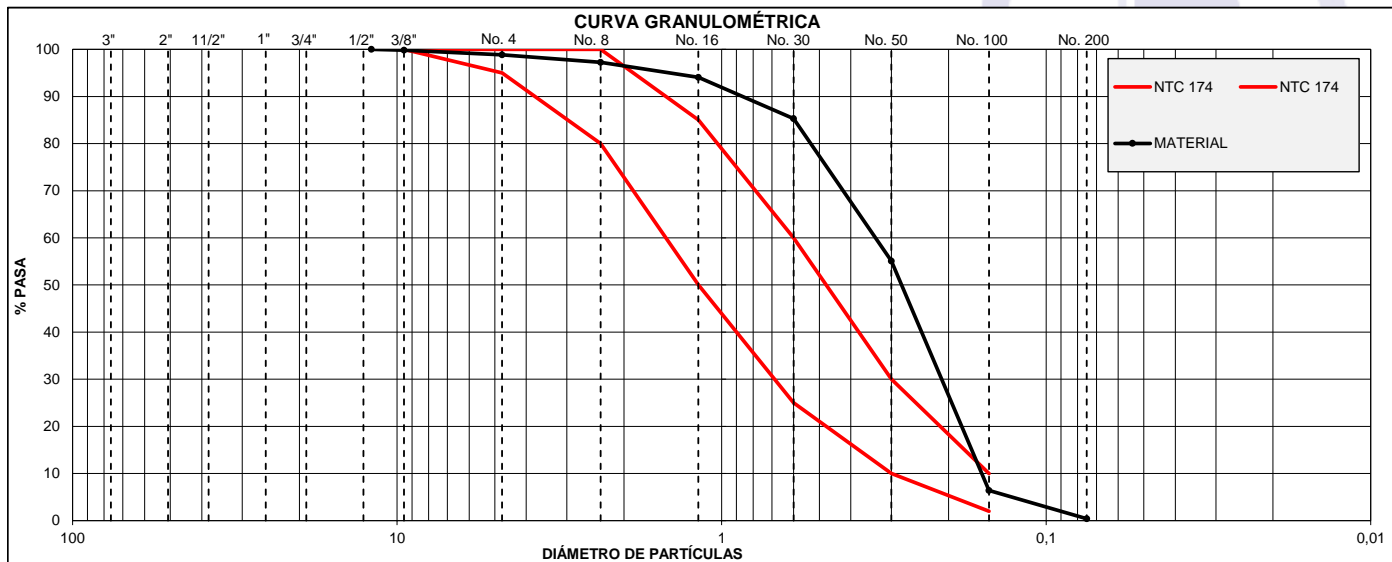
Nit. 900.224.884-0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS NTC 77-78

FGLR-22 F
Versión 04

CLIENTE:	John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA:	Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA:	Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA:	N.A		
INTERVENTORÍA:	N.A		
FECHA DE RECIBO:	25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	29-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Arena mal gradada	FUENTE:	Puerto Tejada
LOCALIZACIÓN MUESTRA:	Stock en obra	PROFUNDIDAD (m):	N.A

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA TOTAL	ESPECIFICACION NTC 174		MASAS MUESTRA (g)
Pulg.	mm					LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR	
								MASA SECA ANTES DE LAVADO: 1858,1
								MASA SECA DESPUÉS DE LAVADO: 1857,4
								PASA No. 200 POR LAVADO: 0,7
								PORCENTAJES EN MUESTRA
								% DE GRAVA 1,2
								% DE ARENA 98,4
								% PASA No. 200 0,4
1/2"	12	0,0	0,0	0,0	100,0			MÓDULO DE FINURA: 1,63
3/8"	9,53	3,2	0,2	0,2	99,8	100	100	TAMAÑO MÁXIMO: 1/2"
No. 4	4,75	18,6	1,0	1,2	98,8	95	100	CLASIFICACIÓN
No. 8	2,36	29,2	1,6	2,7	97,3	80	100	SUCS
No. 16	1,18	59,5	3,2	5,9	94,1	50	85	SP
No. 30	0,60	162,5	8,7	14,7	85,3	25	60	
No. 50	0,3	561,9	30,2	44,9	55,1	10	30	
No. 100	0,15	904,2	48,7	93,6	6,4	2,0	10,0	
No. 200	0,075	111,3	6,0	99,6	0,4			
Pasa No. 200 por tamizado		7,0						
Pasa No. 200 Total		7,7	0,4					
TOTAL		1858,1	100	100,0	0,0			



OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBO FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS		FGLR-25
		Versión 05
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	31-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Arena mal gradada	FUENTE:	Puerto Tejada
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra		

AGREGADO FINO					
PRUEBA N°:	1	2		PROMEDIO	PROMEDIO
MATRAZ No. :	2	11			
A.- MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, g	490,0	488,8		g/cm ³	Kg/m ³
B.- MASA DEL MATRAZ AFORADO+ AGUA A TEMPERATURA D	661,12	724,27			
C.- MASA DEL MATRÁZ AFORADO + MUESTRA SSS + AGUA, g	973,0	1035,3			
S.- MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SSS, g	501,9	500,5			
DENSIDAD SECA AL HORNO= $0,9975A / (B + S - C)$ g/cm ³	2,571	2,573		2,572	2572,0
DENSIDAD SSS = $0,9975 S / (B + S - C)$ g/cm ³	2,634	2,635		2,635	2634,5
DENSIDAD APARENTE = $0,9975 A / (B + A - C)$ g/cm ³	2,744	2,742		2,743	2743,0
% ABSORCIÓN = $(S - A) / A \times 100$	2,44	2,39		2,42	
TEMPERATURA DEL AGUA DE ENSAYO (°C) =	25,2	25,1			

MATERIAL:	N.A
ESPECIFICACIÓN A APLICAR:	N.A
REQUISITO:	N.A

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ  KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ  FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

VALOR EQUIVALENTE DE ARENA EN SUELOS Y AGREGADO FINO		FGLR-41
NTC 6179		Versión 05
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	31-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Arena mal gradada	FUENTE:	Puerto Tejada
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra		

ENSAYO No.	1	2	3	PROMEDIO
LECTURA DE ARENA CON CONSTANTE, mm	352	349	349	
CONSTANTE, mm	254	254	254	
LECTURA DE ARENA, mm	98	95	95	
LECTURA DE ARCILLA, mm	117	116	117	
EQUIVALENTE DE ARENA	84	82	82	83

PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE MUESTRA	SECO
---	------

MATERIAL ENSAYADO	N.A
ESPECIFICACIÓN A APLICAR	N.A
REQUISITO DE EQUIVALENTE DE ARENA %	N.A

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD VOLUMÉTRICA (MASA UNITARIA) Y VACÍOS EN AGREGADOS		FGLR-45
NTC 92		Versión 04
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.: 1579	
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO: 29-oct.-2022	
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Arena mal gradada	FUENTE: Puerto Tejada	
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra	PROFUNDIDAD (m): N.A	

DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	7051	7058	7068	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	3337,8	3337,8	3337,8		
Volumen del molde, V, cm ³	2960,6	2960,6	2960,6		
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1,254	1,257	1,260	1,257	1256,907
Humedad, %	0,8	0,8	0,8	0,8	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1,245	1,246	1,250	1,247	1246,811
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			2,743	
% vacíos en los agregados sueltos, %	--			0,542	

DENSIDAD BULK EN ESTADO COMPACTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	7967	7972	7981	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	3337,8	3337,8	3337,8		
Volumen del molde, V, cm ³	2960,6	2960,6	2960,6		
Densidad Bulk Compacta Húmeda, M, g/cm ³	1,564	1,565	1,568	1,566	1565,741
Humedad, %	0,8	0,8	0,8	0,8	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	1,552	1,552	1,556	1,553	1553,164
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			2,743	
% vacíos en los agregados, %	--			0,429	

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
--	--

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

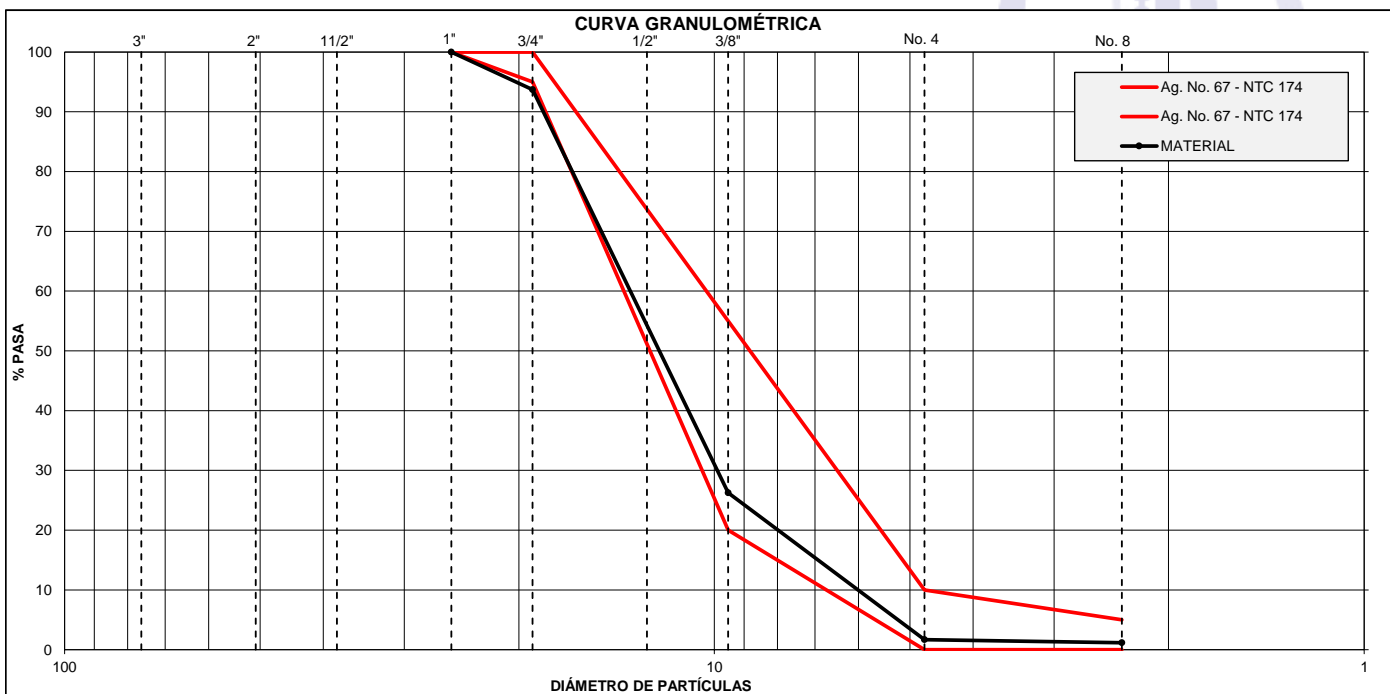
Nit. 900.224.884-0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS NTC 77-78

FGLR-22 H
Versión 04

CLIENTE:	John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA:	Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA:	Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA:	N.A		
INTERVENTORÍA:	N.A		
FECHA DE RECIBO:	25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	29-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Grava mal gradada	FUENTE:	Agregados Purace
LOCALIZACIÓN MUESTRA:	Stock en obra	PROFUNDIDAD (m):	N.A

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA TOTAL	ESPECIFICACION		MASAS MUESTRA (g)
Pulg.	mm					Ag. No. 67 - NTC 174	LIM. SUPERIOR	
								MASA SECA ANTES DE LAVADO: 4135,2
								MASA SECA DESPUÉS DE LAVADO: 4118,2
								PASA No. 8 POR LAVADO: 17,0
PORCENTAJES EN MUESTRA								
								% DE GRAVA NA
								% DE ARENA NA
								% PASA No. 200 NA
								MÓDULO DE FINURA: NA
								TAMAÑO MÁXIMO: 1"
CLASIFICACIÓN								
SUCS								GP



OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBO FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS		FGLR-24 Versión 04
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.: 1579	
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO: 31-oct.-2022	
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Grava mal gradada	FUENTE: Agregados Purace	
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra	PROFUNDIDAD (m): N.A	

AGREGADO GRUESO (RETENIDO No. 4)					
PRUEBA No.:	1	2		PROMEDIO	PROMEDIO
A - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, g	2128,3	2548,7		g/cm ³	Kg/m ³
B - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SSS, g	2145,5	2570,7			
C- MASA EN EL AGUA DE LA MUESTRA SSS, g	1340,8	1607,9			
DENSIDAD SECA AL HORNO= $0,9975 A / (B - C)$ g/cm³	2,638	2,641		2,640	2639,5
DENSIDAD SSS = $0,9975B / (B - C)$ g/cm³	2,660	2,663		2,662	2661,5
DENSIDAD APARENTE = $0,9975 A / (A - C)$ g/cm³	2,696	2,702		2,699	2699,0
% ABSORCIÓN = $(B - A) / A \times 100$	0,81	0,86		0,84	

MATERIAL:	NA
ESPECIFICACIÓN A APLICAR:	NA
REQUISITO:	NA

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS,
UTILIZANDO LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES - SIN TRITURACIÓN -100 Y 1000 REVOLUCIONES
EN SECO
NTC 93 y 98**

FGLR-32
Versión 05

CLIENTE:	John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA:	Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA:	Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA:	N.A		
INTERVENTORÍA:	N.A		
FECHA DE RECIBO:	25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	29-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Grava mal gradada	FUENTE:	Agregados Purace
LOCALIZACIÓN MUESTRA:	Stock en obra		

CONDICIÓN DE PRUEBA	SECA	SECA
GRADACIÓN USADA	B	B
NUMERO DE ESFERAS	11	11
NUMERO DE REVOLUCIONES	100	500
P1: MASA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, g.	5000	5000
P2: MASA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL ENSAYO LAVADA SOBRE EL TAMIZ No. 12, g	4803	3215
PERDIDA = P1 - P2, g	197	1785
% PÉRDIDA = ((P1 - P2) / P1) x 100	3,9	35,7

ESPECIFICACIÓN	
MATERIAL ENSAYADO	AGREGADOS PARA CONCRETO
ESPECIFICACIÓN A APLICAR	NTC 174
REQUISITO DE DESGASTE, %	≤ 50 %

DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑOS		PESO Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA, g.						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 1/2"					2500 ± 50		
2 1/2"	2"					2500 ± 50		
2"	1 1/2"					5000 ± 50	5000 ± 50	
1 1/2"	1"	1250 ± 25					5000 ± 25	5000 ± 25
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 25
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10					
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10					
3/8"	1/4"			2500 ± 10				
1/4"	No.4			2500 ± 10				
No.4	No.8				5000 ± 10			
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 50	10000 ± 75
No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
No. REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISO KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBO FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD VOLUMÉTRICA (MASA UNITARIA) Y VACÍOS EN AGREGADOS		FGLR-45
NTC 92		Versión 04
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.: 1579	
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO: 29-oct.-2022	
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Grava mal gradada	FUENTE: Agregados Purace	
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra	PROFUNDIDAD (m): N.A	

DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	20606	20628	20631	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	6228	6228	6228		
Volumen del molde, V, cm ³	10028,8	10028,8	10028,8		
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1,434	1,436	1,436	1,435	1435,233
Humedad, %	0,5	0,5	0,5	0,5	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1,426	1,428	1,430	1,428	1428,01
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			2,699	
% vacíos en los agregados sueltos, %	--			0,468	

DENSIDAD BULK EN ESTADO COMPACTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	21516	21528	21539	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	6228	6228	6228		
Volumen del molde, V, cm ³	10028,8	10028,8	10028,8		
Densidad Bulk Compacta Húmeda, M, g/cm ³	1,524	1,526	1,527	1,526	1525,573
Humedad, %	0,5	0,5	0,5	0,5	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	1,516	1,517	1,520	1,518	1517,776
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			2,699	
% vacíos en los agregados, %	--			0,435	

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBO FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS NTC 77-78

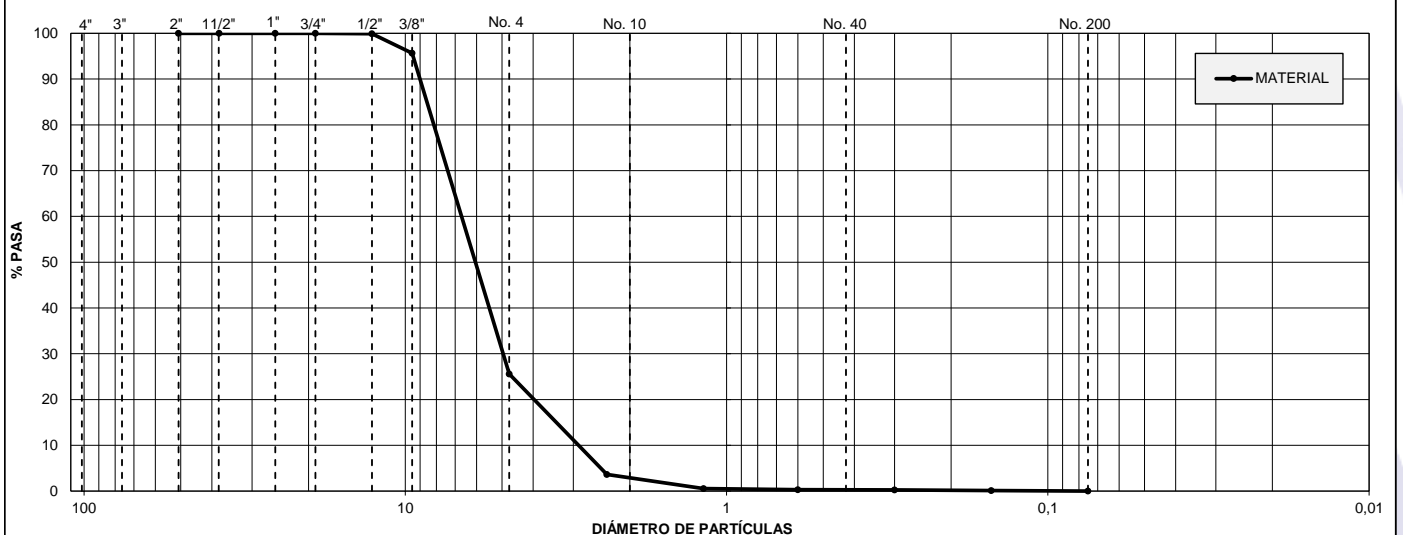
FGLR-22 A
Versión 04

CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.: 1579
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado	
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca	
CONTRATISTA: N.A	
INTERVENTORÍA: N.A	
FECHA DE RECIBO: 25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO: 29-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Agregado plastico P.E.T	FUENTE: N.S
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra	PROFUNDIDAD (m): N.A

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA TOTAL	ESPECIFICACION		MASAS MUESTRA (g)	
Pulg.	mm					N.A		MASA SECA ANTES DE LAVADO:	
						LÍM. INFERIOR	LÍM. SUPERIOR	MASA SECA DESPUÉS DE LAVADO:	
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	100,0			378,7	
1 1/2"	38,01	0,0	0,0	0,0	100,0			378,7	
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0				
3/4"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0				
1/2"	12,7	0,3	0,1	0,1	99,9				
3/8"	9,53	16,1	4,3	4,3	95,7				
No.4	4,75	265,4	70,1	74,4	25,6				
No.8	2,36	83,1	21,9	96,4	3,6				
No.16	1,18	11,7	3,1	99,4	0,6				
No. 30	0,60	0,9	0,2	99,7	0,3				
No. 50	0,3	0,3	0,1	99,8	0,2				
No. 100	0,15	0,5	0,1	99,9	0,1				
No. 200	0,075	0,3	0,1	100,0	0,0				
Pasa No. 200 por tamizado		0,1							
Pasa No. 200 Total		0,1	0,0						
TOTAL		378,7	100,0	100,0	0,0				

PORCENTAJES EN MUESTRA	
% DE GRAVA	96,4
% DE ARENA	3,6
% PASA No. 200	0,0
MÓDULO DE FINURA:	NA
TAMAÑO MÁXIMO:	3/4"
CLASIFICACIÓN	
SUCS	GP

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA G. GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
--	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co

Anexo E. Ensayos Para Arena, Grava y Plástico-Tamiz Faltante



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

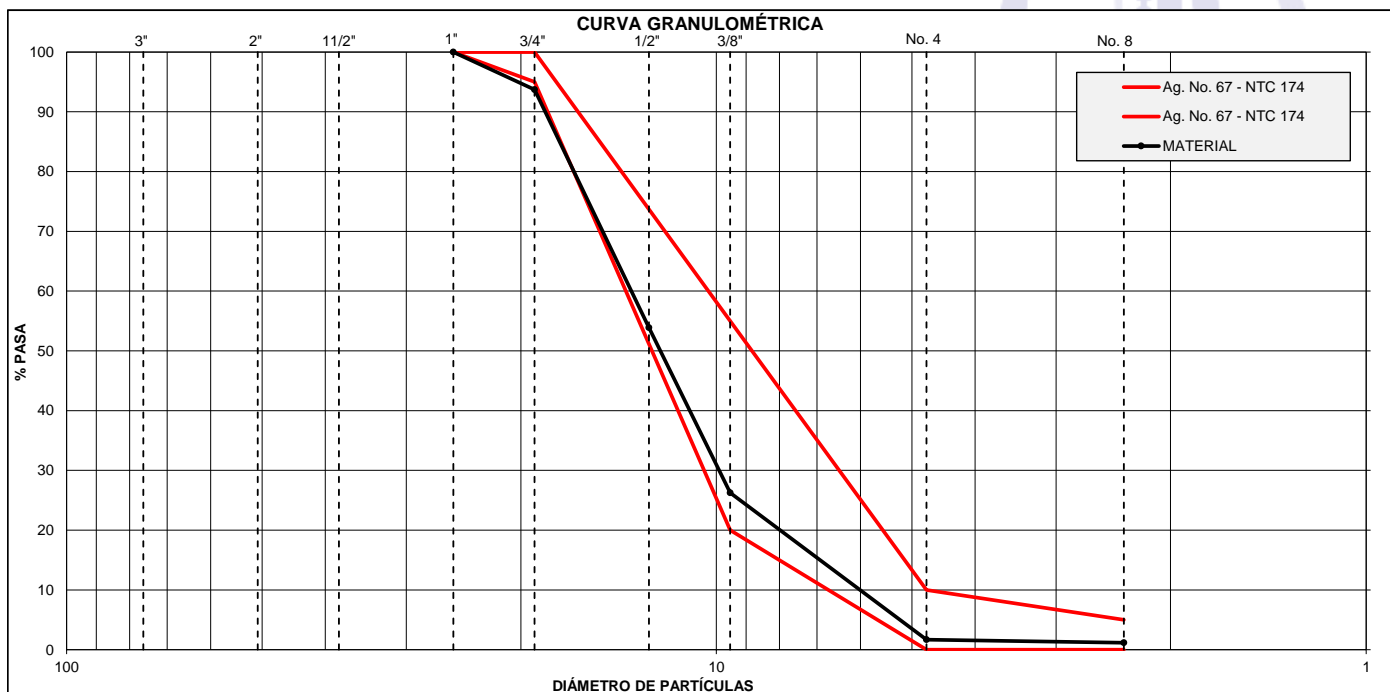
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS NTC 77-78

FGLR-22 H

Versión 04

CLIENTE:	John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.:	1579
OBRA:	Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA:	Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA:	N.A		
INTERVENTORÍA:	N.A		
FECHA DE RECIBO:	25-oct.-2022	FECHA DE ENSAYO:	29-oct.-2022
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Grava mal gradada	FUENTE:	Agregados Purace
LOCALIZACIÓN MUESTRA:	Stock en obra	PROFUNDIDAD (m):	N.A

TAMIZ		MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA TOTAL	ESPECIFICACION		MASAS MUESTRA (g)	
Pulg.	mm					Ag. No. 67 - NTC 174	LIM. SUPERIOR		LIM. INFERIOR
								MASA SECA ANTES DE LAVADO: 4135,2	
								MASA SECA DESPUÉS DE LAVADO: 4118,2	
								PASA No. 8 POR LAVADO: 17,0	
1"	25,4	0,0	0,0	0,0	100,0	100	100	PORCENTAJES EN MUESTRA	
3/4"	19,05	259,6	6,3	6,3	93,7	95	100		% DE GRAVA NA
1/2"	12,7	1647,1	39,8	46,1	53,9				% DE ARENA NA
3/8"	9,525	1143,3	27,6	73,8	26,2	20	55		% PASA No. 200 NA
No. 4	4,75	1016,0	24,6	98,3	1,7	0	10	MÓDULO DE FINURA: NA	
No. 8	2,36	21,1	0,5	98,8	1,2	0	5	TAMAÑO MÁXIMO: 1"	
Pasa No. 8 por tamizado		31,1						CLASIFICACIÓN	
Pasa No. 8 Total		48,1	1,2						SUCS
TOTAL		4135,2	100	100	0,0			GP	



OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

<p>REVISÓ</p> <p><i>Karen Sofia Mosquera G.</i></p> <p>KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ</p> <p>GEOTECNOLOGO</p> <p>M.P. # 19516030791 CAU</p>	<p>APROBO</p> <p><i>Fernando Muñoz Fuentes</i></p> <p>FERNANDO MUÑOZ FUENTES</p> <p>SUBGERENTE TÉCNICO</p> <p>M.P. # 19516001294 CAU</p>
---	--

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

Anexo F. Ensayo Para la Determinación de la Densidad Volumétrica



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD VOLUMÉTRICA (MASA UNITARIA) Y VACÍOS EN AGREGADOS		FGLR-45
NTC 92		Versión 04
CLIENTE: John Peña Paez	ORDEN SERVICIO No.: 1673	
OBRA: Diseño de concreto con plástico reciclado		
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca		
CONTRATISTA: N.A		
INTERVENTORÍA: N.A		
FECHA DE RECIBO: 9-nov.-2022	FECHA DE ENSAYO: 10-nov.-2022	
DESCRIPCIÓN MATERIAL: Agregado plastico P.E.T	FUENTE: Agregado plastico P.E.T	
LOCALIZACIÓN MUESTRA: Stock en obra	PROFUNDIDAD (m): N.A	

DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	4085	4080	4071	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	3337,8	3337,8	3337,8		
Volumen del molde, V, cm ³	2983,93	2983,93	2983,93		
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	0,250	0,249	0,246	0,248	248,2855
Humedad, %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	0,250	0,249	0,246	0,248	248,2855
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			--	
% vacíos en los agregados sueltos, %	--			NA	

DENSIDAD BULK EN ESTADO COMPACTO					
PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO	
Masa de la muestra + molde, G, g.	4280	4281	4272	g/cm ³	kg/m ³
Masa del molde, T, g.	3337,8	3337,8	3337,8		
Volumen del molde, V, cm ³	2983,93	2983,93	2983,93		
Densidad Bulk Compacta Húmeda, M, g/cm ³	0,316	0,316	0,313	0,315	314,9761
Humedad, %	0,0	0,0	0,0	0,0	
Densidad Bulk Compacta Seca M, g/cm ³	0,316	0,316	0,313	0,315	314,9761
Gravedad específica Bulk de material, S, g/cm ³	--			--	
% vacíos en los agregados, %	--			NA	

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por personal del cliente.

REVISÓ KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	APROBÓ FERNANDO MUNOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU
---	---

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

Anexo G. Ensayos Resistencia a la Compresión Concreto Hidráulico



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

6602	57	CIL 4"	Mezcla #2 Concreto convencional Concreto con 7% PET Hora de Toma 12:30 m	15-dic-2022	18-dic-2022	3	40,6	8577	48,3	687	4,7	220	3143	22,0	21,9	8,3
6603	51	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	44,8	7933	57,6	819	5,6	220	3143	22,0	26,2	8,3
6604	64	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	43,8	7933	56,3	801	5,5	220	3143	22,0	25,6	8,3
6605	67	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	41,7	8012	53,1	755	5,2	220	3143	22,0	24,1	8,3
6606	109	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	47,4	8659	55,8	794	5,5	220	3143	22,0	25,4	8,3
6607	89	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	43,7	8171	54,5	776	5,3	220	3143	22,0	24,8	8,3
6608	79	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	46,6	8252	57,6	819	5,6	220	3143	22,0	26,2	8,3
6609	98	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	44,5	8332	54,5	775	5,3	220	3143	22,0	24,8	8,3
6610	72	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	48,5	8012	61,7	878	6,1	220	3143	22,0	28,1	8,3
6611	54	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	38,2	8252	47,2	671	4,6	220	3143	22,0	21,5	8,3
6612	61	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	51,2	8171	63,9	909	6,3	220	3143	22,0	29,0	8,3
6613	93	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	42,7	8012	54,3	773	5,3	220	3143	22,0	24,7	8,3
6614	69	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	50,1	8012	63,8	907	6,3	220	3143	22,0	29,0	8,3
6615	90	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	55,3	8171	69,0	982	6,8	220	3143	22,0	31,4	8,3
6616	59	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	40,3	8171	50,3	715	4,9	220	3143	22,0	22,9	8,3
6617	75	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	53,0	8577	63,0	896	6,2	220	3143	22,0	28,6	8,3
6618	73	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	41,0	8012	52,2	742	5,1	220	3143	22,0	23,7	8,3
6619	63	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	49,6	8332	60,7	863	6,0	220	3143	22,0	27,6	8,3
6620	62	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	37,3	8091	47,0	669	4,6	220	3143	22,0	21,4	8,3
6621	71	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	50,9	8091	64,1	912	6,3	220	3143	22,0	29,2	8,3
6622	60	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	49,2	8012	62,6	891	6,1	220	3143	22,0	28,5	8,3
6623	47	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	48,8	8577	58,0	825	5,7	220	3143	22,0	26,4	8,3
6624	46	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	44,3	8091	55,8	794	5,5	220	3143	22,0	25,4	8,3
6625	40	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	46,5	8495	55,8	794	5,5	220	3143	22,0	25,4	8,3
6626	86	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	42,6	8091	53,7	764	5,3	220	3143	22,0	24,4	8,3
6627	49	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	41,6	7933	53,5	761	5,2	220	3143	22,0	24,3	8,3
6628	65	CIL 4"		15-dic-2022	18-dic-2022	3	50,3	8495	60,4	859	5,9	220	3143	22,0	27,4	8,3

www.geofisica.com.co

e-mail: info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza

Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

6629	*1	CIL 4"	Mezcla #3 Concreto convencional Concreto con 7% PET Hora de Toma 4:00 pm	15-dic-2022	22-dic-2022	7	85,3	7854	110,8	1575	10,9	220	3143	22,0	50,3	8,9
6630	*2	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	96,1	7854	124,8	1775	12,2	220	3143	22,0	56,7	8,9
6631	*3	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	85,1	7854	110,5	1572	10,8	220	3143	22,0	50,2	8,9
6632	*4	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	100,2	7933	128,8	1832	12,6	220	3143	22,0	58,5	8,9
6633	*5	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	95,9	7854	124,5	1771	12,2	220	3143	22,0	56,6	8,9
6634	*6	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	108,4	7854	140,7	2002	13,8	220	3143	22,0	64,0	8,9
6635	*7	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	99,8	7933	128,3	1825	12,6	220	3143	22,0	58,3	8,9
6636	*8	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	102,1	7854	132,6	1885	13,0	220	3143	22,0	60,3	8,9
6637	*9	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	104,5	7854	135,7	1930	13,3	220	3143	22,0	61,7	8,9
6638	*10	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	107,9	7854	140,1	1993	13,7	220	3143	22,0	63,7	8,9
6639	*11	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	104,9	7854	136,2	1937	13,4	220	3143	22,0	61,9	8,9
6640	*12	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	108,9	7854	141,4	2011	13,9	220	3143	22,0	64,3	8,9
6641	*13	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	100,2	7854	130,1	1850	12,8	220	3143	22,0	59,1	8,9
6642	*14	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	112,6	7854	146,2	2079	14,3	220	3143	22,0	66,4	8,9
6643	*15	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	99,8	7854	129,6	1843	12,7	220	3143	22,0	58,9	8,9
6644	*16	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	116,6	7854	151,4	2153	14,8	220	3143	22,0	68,8	8,9
6645	*17	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	99,5	7854	129,2	1837	12,7	220	3143	22,0	58,7	8,9
6646	*18	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	106,8	7854	138,7	1972	13,6	220	3143	22,0	63,0	8,9
6647	*19	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	101,7	7854	132,0	1878	12,9	220	3143	22,0	60,0	8,9
6648	*20	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	101,7	7854	132,1	1878	13,0	220	3143	22,0	60,0	8,9
6649	*21	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	94,9	7854	123,2	1752	12,1	220	3143	22,0	56,0	8,9
6650	*22	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	105,8	7854	137,4	1954	13,5	220	3143	22,0	62,4	8,9
6651	*23	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	109,3	7854	141,9	2018	13,9	220	3143	22,0	64,5	8,9
6652	*24	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	109,8	7854	142,6	2028	14,0	220	3143	22,0	64,8	8,9
6653	*25	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	96,8	7854	125,7	1788	12,3	220	3143	22,0	57,1	8,9
6654	*26	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	110,9	7854	144,0	2048	14,1	220	3143	22,0	65,4	8,9
6655	*27	CIL 4"		15-dic-2022	22-dic-2022	7	97,5	7854	126,6	1801	12,4	220	3143	22,0	57,5	8,9

Muestra tomada en laboratorio
Cemento Argos
Arena 40%
Triturado 53%
PET 7%

(Porcentajes suministrados
por los arquitectos John Peña
Paez y Edilson Narvaez)

www.geofisica.com.co

e-mail: info@geofisica.com.co



GEOFISICA SAS.

Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos

Nit. 900.224.884-0

6732	*1	CIL 4"	Mezcla #4 Concreto convencional Concreto con 7% PET Hora de Toma 11:30 am	16-dic-2022	13-ene-2023	28	152,1	7854	197,5	2809	19,4	220	3143	22,0	89,8	8,9
6733	*2	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	153,1	7933	196,8	2799	19,3	220	3143	22,0	89,5	8,9
6734	*3	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	160,4	7933	206,2	2933	20,2	220	3143	22,0	93,7	8,9
6735	*4	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	166,4	7933	213,9	3042	21,0	220	3143	22,0	97,2	8,9
6736	*5	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	149,3	8091	188,2	2676	18,5	220	3143	22,0	85,5	8,9
6737	*6	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	156,4	7854	203,1	2888	19,9	220	3143	22,0	92,3	8,9
6738	*7	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	141,1	7854	183,2	2606	18,0	220	3143	22,0	83,3	8,9
6739	*8	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	156,2	8012	198,8	2828	19,5	220	3143	22,0	90,4	8,9
6740	*9	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	156,3	7933	200,9	2858	19,7	220	3143	22,0	91,3	8,9
6741	*10	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	166,0	7933	213,4	3035	20,9	220	3143	22,0	97,0	8,9
6742	*11	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	148,9	8012	189,5	2696	18,6	220	3143	22,0	86,1	8,9
6743	*12	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	160,5	7933	206,3	2935	20,2	220	3143	22,0	93,8	8,9
6744	*13	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	172,2	8012	219,2	3117	21,5	220	3143	22,0	99,6	8,9
6745	*14	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	160,4	7933	206,2	2933	20,2	220	3143	22,0	93,7	8,9
6746	*15	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	164,5	8012	209,4	2978	20,5	220	3143	22,0	95,2	8,9
6747	*16	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	151,2	8012	192,4	2737	18,9	220	3143	22,0	87,5	8,9
6748	*17	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	150,0	7933	192,8	2743	18,9	220	3143	22,0	87,6	8,9
6749	*18	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	171,8	7776	225,3	3205	22,1	220	3143	22,0	102,4	8,9
6750	*19	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	158,7	7854	206,0	2931	20,2	220	3143	22,0	93,7	8,9
6751	*20	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	168,9	7854	219,3	3119	21,5	220	3143	22,0	99,7	8,9
6752	*21	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	170,9	7854	221,9	3156	21,8	220	3143	22,0	100,9	8,9
6753	*22	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	133,0	7854	172,7	2456	16,9	220	3143	22,0	78,5	8,9
6754	*23	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	173,2	7933	222,6	3167	21,8	220	3143	22,0	101,2	8,9
6755	*24	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	164,6	7776	215,9	3070	21,2	220	3143	22,0	98,1	8,9
6756	*25	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	166,1	7776	217,8	3098	21,4	220	3143	22,0	99,0	8,9
6757	*26	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	165,2	7854	214,5	3051	21,0	220	3143	22,0	97,5	8,9
6758	*27	CIL 4"		16-dic-2022	13-ene-2023	28	160,3	7776	210,2	2990	20,6	220	3143	22,0	95,6	8,9



www.geofisica.com.co

e-mail:info@geofisica.com.co

Anexo H. Certificado Calibración de Equipos

NÚMERO: Number	1668F
PAGINAS: Pages	4 de 6
FECHA DE EXPEDICIÓN: Date of Issue	2021-11-03

IND (kN)	Errores Calculados e incertidumbre (% de lectura)						
	a*	q*	b*	v*	Acc	U	k
100	1,0E-01	-2,9	1,8	-	-	1,1	2,00
200	5,00E-02	-2,90	0,31	-	-	0,34	2,16
300	3,33E-02	-2,96	0,36	-	-	0,37	2,23
400	2,50E-02	-2,98	0,25	-	-	0,29	2,05
500	2,00E-02	-2,98	0,41	-	-	0,45	2,45
600	1,67E-02	-3,04	0,19	-	-	0,27	2,01
700	1,43E-02	-3,28	0,19	-	-	0,28	2,02
800	1,25E-02	-3,54	0,23	-	-	0,29	2,04
900	1,11E-02	-3,80	0,42	-	-	0,42	2,36
fo	0,0						

Errores Calculados e incertidumbre (kN)						
a*	q*	b*	v*	Acc	U	k
1,0E-01	-2,9	1,8	-	-	1,1	2,00
1,00E-01	-5,80	0,63	-	-	0,69	2,16
1,0E-01	-8,9	1,1	-	-	1,1	2,23
1,0E-01	-11,9	1,0	-	-	1,2	2,05
1,0E-01	-14,9	2,1	-	-	2,2	2,45
1,0E-01	-18,3	1,2	-	-	1,6	2,01
1,0E-01	-23,0	1,3	-	-	2,0	2,02
1,0E-01	-28,3	1,8	-	-	2,3	2,04
1,0E-01	-34,2	3,8	-	-	3,8	2,36
fo	0,3					

Notas:

a*: Resolución Relativa

v*: Error Relativo de Reversibilidad

U: Incertidumbre Expandida

q*: Error relativo de Exactitud

fo*: Error Relativo de Cero (%)

K: Factor de Cobertura

Acc : Accesorios

b*: Error Relativo de Repetibilidad

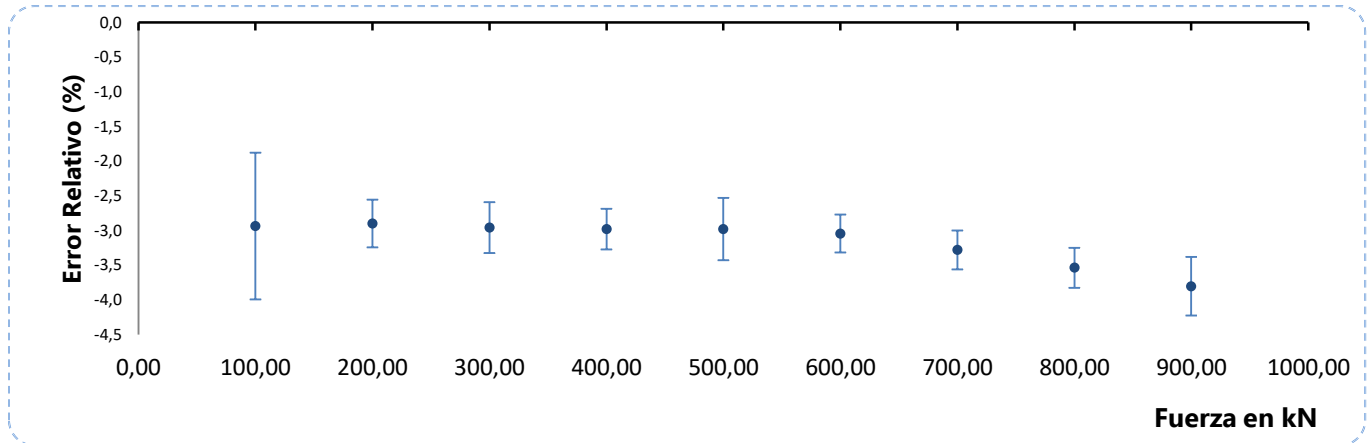
IND:Indicación del Mensurando

3. TEMPERATURA DURANTE LA CALIBRACIÓN (°C)

	Lectura 1 (L1)	Lectura 2(L2)	Lectura 3(L3)	Lectura Accesorios (L4)	Lectura (L2')
T. Inicial	19,8	19,9	20,0	-	-
T. Final	19,9	20,1	19,9	-	-

NÚMERO: Number	1668F
PÁGINAS: Pages	5 de 6
FECHA DE EXPEDICIÓN: Date of Issue	2021-11-03

4. GRAFICOS DE ERROR CALCULADO



5. FACTORES DE CONVERSIÓN

FUERZA	
dyne (dyn)	kilonewton (kN) 1,0 E-08
kilogram-force (kgf)	kilonewton (kN) 9,80665E-03
kilopond (kilogram-force) (kp)	kilonewton (kN) 9,80665E-03
kip (1 kip = 1000 lbf)	kilonewton (kN) 4,448222 E+00
poundal	kilonewton (kN) 1,38255E-04
pound-force (lbf)23	kilonewton (kN) 4,448222 E-03
ton-force (2204,62 lbf)	kilonewton (kN) 9,80663919E+00

6. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

NÚMERO: Number	1668F
PAGINAS: Pages	6 de 6
FECHA DE EXPEDICIÓN: Date of Issue	2021-11-03

7. TRAZABILIDAD AL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S.I.)

El laboratorio de metrología de Concrelab S.A.S establece y mantiene la trazabilidad metrológica de los resultados de sus mediciones, por medio de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, realizadas por laboratorios acreditados o institutos nacionales de metrología, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición, vinculándose con la referencia apropiada nacional o internacional y asegurando que los resultados de la medición son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón Utilizado: TRANSDUCTOR DE FUERZA C3H2 - 1 MN

Certificado No. 5242

Incertidumbre asociada (k=2): $\pm 0,033 \%$

Patrón Utilizado: TERMOHIGRÓMETRO

Certificado No. CLT 77421

Incertidumbre asociada (k=2): $\pm 0,24 \text{ }^\circ\text{C}$

8. OBSERVACIONES

- De acuerdo con los resultados anteriores se anexa el sello: **1668 F**
- La máquina de ensayo debe ser calibrada inmediatamente después de cualquier reparación del sistema eléctrico o mecánico ya que esto afecta la operación del sistema de medida.
- CONCRELAB S.A.S., puede abstenerse de expedir un certificado cuando por características técnicas considere que el equipo no es apto para ser calibrado
- Fuente de los factores de conversión NIST 811

--FIN DEL CERTIFICADO--

NUMERO: Number	1668F
PAGINAS: Pages	1 de 6
FECHA DE EXPEDICION: Date of Issue	2021-11-03

INSTRUMENTO: Instrument	MAQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN
FABRICANTE DEL MARCO: Frame Manufacturer	TECNOQUALITY INGENIERIA
MODELO DEL MARCO: Frame Model	NO PORTA
NÚMERO DE SERIE DEL MARCO: Frame Serial Number	NO PORTA
CÓDIGO DEL MARCO: Frame Code	MC 477A
CAPACIDAD MAXIMA: Maximum Capacity	1000 kN
SOLICITANTE: Customer	GEOFISICA S.A.S.
DIRECCIÓN, CIUDAD: Address	Calle 6 No. 11 - 35 / Popayán - Cauca
SITIO DE CALIBRACIÓN: Site calibration	Laboratorio - Zona de Concretos
FECHA DE CALIBRACIÓN: Date of calibration	2021-10-22 (aaaa-mm-dd)
NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: Seis(6) Number of pages of this certificate and Documents Attached	

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing Laboratory assumes no responsibility for damaged ensuing of mis use of the calibrated instruments.

Para asegurar que los resultados de calibración no sean sacados de contexto, este certificado no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación de CONCRELAB S.A.S., excepto cuando se reproduce en su totalidad.

To ensure that calibration results are not taken out of context, this certificate must not be partially reproduced without the approval of CONCRELAB S. A. S. , except when reproduced in its entirety.

El usuario es responsable de la nueva calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriate intervals.

Los resultados incluidos en este certificado, se relacionan únicamente con el ítem sometido a calibración.

The results included in this certificate are only related to the item subjected to calibration.

Metrólogo

Firmado digitalmente
por CRISTIAN ENRIQUE
SANABRIA LÓPEZ
Fecha: 2021.11.04
11:14:43 -05'00'

Revisado por - Checked By

Jefe División Metrología

Firmado digitalmente
por ARLEX MAURICIO
LEAL LONDOÑO
Fecha: 2021.11.04
08:11:51 -05'00'

Aprobado por - Approved By

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CERTIFICATE OF CALIBRATION

NÚMERO: Number	1668F
PAGINAS: Pages	2 de 6
FECHA DE EXPEDICIÓN: Date of Issue	2021-11-03

MARCO NORMATIVO	
MÉTODO DE MEDICIÓN Method of measurement:	Fuerza Indicada Constante
NORMA TÉCNICA Standard :	NTC/ISO 7500-1: 2007-07-25
INTERVALO CALIBRADO Calibration Interval:	100 kN a 900 kN

INDICADOR DEL MENSURANDO	
TIPO DE INDICACIÓN (Type):	DIGITAL
FABRICANTE (Manufacturer):	LEXUS
MODELO (Model):	TRUMAX
NÚMERO DE SERIE (Serial Number):	CS 160063
CÓDIGO (Code):	NO PORTA

TRANSDUCTOR DEL MENSURANDO	
FABRICANTE (Manufacturer) :	SENSOTEC
MODELO (Model):	LM /2345-14
NÚMERO DE SERIE (Serial Number):	NO PORTA
CÓDIGO (Code):	NO PORTA

1 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA CALIBRACIÓN:

TOMA DE DATOS DEL INSTRUMENTO PATRÓN (mV/V)						
INDICACIÓN MÁQUINA DE ENSAYO (kN)	L1	L2	L3	L2' (REVERSIBILIDAD)	L4 (ACCESORIOS)	% De Carga
100,0	0,20734	0,20895	0,21105	/	/	10
200,0	0,41772	0,41788	0,41903			20
300,0	0,62641	0,62806	0,62868			30
400,0	0,83703	0,83819	0,83612			40
500,0	1,04496	1,04483	1,04914			50
600,0	1,25497	1,25739	1,25657			60
700,0	1,46830	1,46819	1,47101			70
800,0	1,68507	1,68395	1,68119			80
900,0	1,90368	1,89734	1,89566			90

NÚMERO: Number	1668F
PÁGINAS: Pages	3 de 6
FECHA DE EXPEDICIÓN: Date of Issue	2021-11-03

2. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de Carga:	COMPRESIÓN				Resolución:	0,1	kN
Indicación del Mensurando kN	Indicación del Instrumento Patrón (unidades)						kN
	Lectura 1 (L1)	Lectura 2 (L2)	Lectura 3 (L3)	Lectura Accesorios (L4)	Lectura (L2')	Promedio	
100,0	102,151	102,944	103,978	-	-	103,0242	
200,0	205,728	205,807	206,375	-	-	205,9703	
300,0	308,499	309,311	309,617	-	-	309,1424	
400,0	412,243	412,815	411,795	-	-	412,2843	
500,0	514,684	514,620	516,744	-	-	515,3493	
600,0	618,170	619,362	618,958	-	-	618,8300	
700,0	723,310	723,256	724,645	-	-	723,7369	
800,0	830,162	829,610	828,250	-	-	829,3408	
900,0	937,938	934,812	933,983	-	-	935,5776	
Indicación residual de la maquina kN	-0,2	-0,3	0,0	-	-		

Anexo I. Planilla Ensayos Compresión - Muestra Patrón

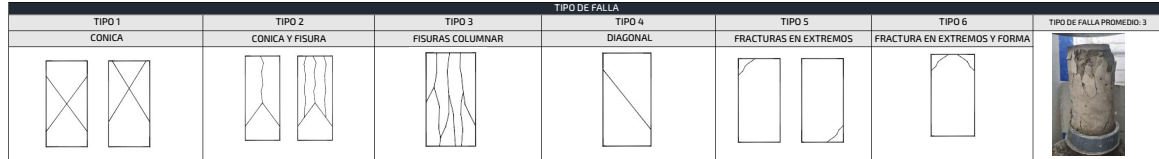
FORMATO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO: "DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADOS DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN",
LOCALIZACIÓN: Municipio de Popayán
FUENTE: Agregado Fino: Puerto Tejada, Agregado Grueso: Agregados Puracé, Agregado PET: Planta de Reciclaje Popayán, Cauca.
DESCRIPCIÓN: Muestra Patrón Concreto al 100 %

MUESTRA: Pruebas 1, 2 y 3.
FECHA: 15 de Diciembre de 2022

MUESTRAS: N°1, N°2 Y N°3.		TIPO DE MEZCLA	CONCRETO	GROUTING	MORTEROS
			X		

Muestra N°	Cilindro	Fecha de fabricación AAAA-MM-DD	Edad-Días de curado	Fecha de ensayo AAAA-MM-DD	Peso del Cilindro [grs]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Área [cm²]	Carga [kN]	Resistencia Obtenida			Factor de corrección	Resistencia a Compresión - Corregida [Mpa]	Resistencia a compresión- promedio [Mpa]	Resistencia probable a 28 días [Mpa]	Resistencia Especificada			Resistencia % lograda [Mpa]	Densidad [kg/cm³]	Slump [cms]	Slump Promedio [cms]	Tipo de Falla	Observaciones
										[Kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]					[kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]						
1	1 - 6386	2022-12-12	3	2022-12-15	4,216.0	10.20	20.00	81.71	62.1	77.44	1101.49	7.59	1	7.59	8.34	22.94				37.91	2.58	8.90	8.90	2	
	2 - 6387				3,914.0	10.35	20.00	84.13	65.6	79.45	1130.09	7.79	1	7.79										4	
	3 - 6388				3,985.0	10.30	20.00	83.32	75.2	91.97	1308.08	9.02	1	9.02										4	Promedio Falla:
	4 - 6389				4,014.0	10.20	20.00	81.71	70.4	87.79	1248.71	8.61	1	8.61										3	4
	5 - 6390				3,922.0	10.20	20.00	81.71	73.2	91.28	1298.37	8.95	1	8.95										4	
	6 - 6391				3,945.0	10.20	20.00	81.71	66.0	82.30	1170.67	8.07	1	8.07										5	
2	6 - 6392	2022-12-12	7	2022-12-19	4,278.0	10.50	20.00	86.59	143.5	168.87	2401.94	16.56	1	16.56	17.14	24.49	224.33	3190.84	22	77.92	2.47	8.90	8.90	3	
	6 - 6393				3,889.0	10.25	20.00	82.52	143.2	176.84	2515.27	17.34	1	17.34										3	
	6 - 6394				4,004.0	10.35	20.00	84.13	136.6	165.44	2353.20	16.22	1	16.22										4	Promedio Falla:
	6 - 6395				3,946.0	10.15	20.00	80.91	147.6	185.88	2643.89	18.23	1	18.23										4	3
	6 - 6396				3,872.0	10.30	20.00	83.32	139.1	170.11	2419.59	16.68	1	16.68										4	
	6 - 6397				4,238.0	10.45	20.00	85.77	152.9	181.66	2583.83	17.81	1	17.81										3	
3	1 - 6398	2022-12-12	28	2023-01-09	4,247.0	10.10	20.00	80.12	213.2	271.11	3856.14	26.6	1	26.59	25.95	25.95			117.95	2.65	8.90	8.90	3		
	2 - 6399				3,901.5	10.15	20.00	80.91	200.3	252.25	3587.88	24.7	1	24.74									1		
	3 - 6400				3,994.5	10.10	20.00	80.12	203.6	258.95	3683.19	25.4	1	25.39									4	Promedio Falla:	
	4 - 6401				3,980.0	10.20	20.00	81.71	203.5	253.77	3609.55	24.9	1	24.89									3	3	
	5 - 6402				3,897.0	10.25	20.00	82.52	222.5	274.77	3908.15	26.9	1	26.95									3		
	6 - 6403				4,091.5	9.95	20.00	77.76	211.2	276.78	3936.74	27.1	1	27.14									3		



OBSERVACIONES:

- * Muestra 1. Concreto Conventional. Muestra Patrón al 100%
- * Cilindros utilizados: 4" (10cms * 20cms)
- * Muestra tomada en laboratorio (Materiales Agregado Fino: 40% y Agregado Grueso: 60%)
- * Hora de Toma de Ensayos 3:30 pm

IMÁGENES:



Anexo J. Planilla Ensayos Compresión 5% PET

FORMATO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO: "DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADOS DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN".
 LOCALIZACIÓN: Municipio de Popayán
 FUENTE: Agregado Fino: Puerto Tejada, Agregado Grueso: Agregados Puracé, Agregado PET: Planta de Reciclaje Popayán, Cauca.
 DESCRIPCIÓN: Muestra Concreto y 5 % PET

MUESTRA: Puebas 1, 2 y 3.
 FECHA: 21 de Diciembre de 2022

TIPO DE MEZCLA	CONCRETO	GROUTING		MORTEROS
MUESTRAS: N°1, N°2 Y N°3.	X			

Muestra N°	Cilindro	Fecha de fabricación AAAA-MM-DD	Edad -Días de curado	Fecha de ensayo AAAA-MM-DD	Peso del Cilindro [g]	Diametro [cm]	Altura [cm]	Área [cm ²]	Carga [kN]	Resistencia Obtenida			Factor de corrección	Resistencia a Compresión - Corregida [Mpa]	Resistencia a compresión - promedio [Mpa]	Resistencia probable a 28 días [Mpa]	Resistencia Especificada			Resistencia % lograda [Mpa]	Densidad [kg/cm ³]	Slump [cms]	Slump Promedio [cms]	Tipo de Falla	Observaciones
										[Kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]					[Kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]						
1 - 6568					4.190.0	10.01	20.00	78.70	171.9	222.58	3165.90	21.8	1	21.83						2.66				3	
2 - 6569					3.886.0	10.10	20.00	80.12	154.6	196.63	2796.77	19.3	1	19.28						2.43				4	
3 - 6570					3.880.0	10.10	20.00	80.12	158.4	201.46	2865.51	19.8	1	19.76						2.42				4	
4 - 6571					3.850.0	10.00	20.00	78.54	168.5	218.61	3109.49	21.4	1	21.44						2.45				4	
5 - 6572					3.923.0	10.10	20.00	80.12	159.9	203.37	2892.64	19.9	1	19.94						2.45				5	
6 - 6573					3.951.0	10.30	20.00	83.32	182.0	222.58	3165.82	21.8	1	21.83						2.37				4	
7 - 6574					3.817.0	10.20	20.00	81.71	175.5	218.86	3112.91	21.5	1	21.46						2.34				4	
8 - 6575					3.944.0	10.00	20.00	78.54	170.0	220.56	3137.17	21.6	1	21.63						2.51				5	
9 - 6576					4.187.0	10.50	20.00	86.59	165.9	195.23	2776.88	19.1	1	19.15						2.42				5	
10 - 6577					4.306.0	10.60	20.00	88.25	180.57	208.50	2965.67	20.4	1	20.45						2.44				4	
11 - 6578					4.137.0	10.50	20.00	86.59	178.8	210.41	2992.80	20.6	1	20.63						2.39				4	
12 - 6579					3.920.0	10.20	20.00	81.71	159.3	198.65	2825.56	19.5	1	19.48						2.40				4	
13 - 6580					3.914.0	10.00	20.00	78.54	167.2	216.93	3085.50	21.3	1	21.27						2.49				4	Promedio Falla: 4.0
14 - 6581		2022-12-14	29	2023-01-11	3.867.0	10.10	20.00	80.12	175.9	223.72	3182.09	21.9	1	21.94	21.26	21.26				96.65		10.20		3	4.0
15 - 6582					3.677.0	10.00	20.00	78.54	155.0	201.10	2860.36	19.7	1	19.72						2.34				3	
16 - 6583					3.695.0	10.10	20.00	80.12	173.8	221.05	3144.10	21.7	1	21.68						2.31				4	
17 - 6584					3.665.0	10.00	20.00	78.54	167.0	216.67	3081.81	21.2	1	21.25						2.33				3	
18 - 6585					3.684.0	10.00	20.00	78.54	171.3	222.25	3161.16	21.8	1	21.80						2.35				5	
19 - 6586					3.669.0	10.00	20.00	78.54	183.2	237.69	3380.76	23.3	1	23.31						2.34				4	
20 - 6587					3.670.0	10.00	20.00	78.54	175.6	227.83	3240.51	22.3	1	22.34						2.34				4	
21 - 6588					3.663.0	10.00	20.00	78.54	156.4	202.92	2886.20	19.9	1	19.90						2.33				4	
22 - 6589					3.689.0	10.00	20.00	78.54	169.2	219.52	3122.41	21.5	1	21.53						2.35				4	
23 - 6590					3.667.0	10.00	20.00	78.54	186.8	242.36	3447.20	23.8	1	23.77						2.33				4	
24 - 6591					3.674.0	10.00	20.00	78.54	179.3	232.63	3308.79	22.8	1	22.81						2.34				4	
25 - 6592					3.679.0	10.00	20.00	78.54	176.8	229.38	3262.66	22.5	1	22.50						2.34				4	
26 - 6593					3.667.0	10.00	20.00	78.54	175.00	227.05	3229.44	22.3	1	22.27						2.33				4	
27 - 6594					3.668.0	10.00	20.00	78.54	166.00	215.37	3063.36	21.1	1	21.12						2.34				5	



OBSERVACIONES: * Muestra Concreto y 5 % PET
 * Cilindros utilizados: 4" (10cms * 20cms)
 * Tipo de Falla Promedio: 4
 * Hora de Toma de Ensayos 9:42 am

IMÁGENES:



Anexo K. Planilla Ensayos Compresión 7% PET

FORMATO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO: "DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLOGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADOS DE ESCAMAS DE PLASTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPOPAYÁN",
 LOCALIZACIÓN: Municipio de Popayán
 FUENTE: Agregado Fino: Puerto Tejada, Agregado Grueso: Agregados Puracé, Agregado PET: Planta de Reciclaje Popayán, Cauca.
 DESCRIPCIÓN: Muestra Concreto y 7% PET

MUESTRA: Pruebas 1, 2 y 3.
 FECHA: 21 de Diciembre de 2022

MUESTRAS: N°1, N°2 Y N°3.	TIPO DE MEZCLA	CONCRETO	GROUTING	MORTEROS
	X			

Muestra N°	Cilindro	Fecha de fabricación AAAA-MM-DD	Edad-Días de curado	Fecha de ensayo AAAA-MM-DD	Peso del Cilindro [grs]	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Área [cm²]	Carga [kN]	Resistencia Obtenida			Factor de corrección	Resistencia a Compresión - Corregida [Mpa]	Resistencia a compresión - promedio [Mpa]	Resistencia probable a 28 días [Mpa]	Resistencia Especificada			Resistencia % lograda [Mpa]	Densidad [kg/cm³]	Slump [cms]	Slump Promedio [cms]	Tipo de Falla	Observaciones
										[Kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]					[Kg/cm2]	[Psi]	[Mpa]						
1 - 6732					3.653.0	10.00	20.00	78.54	152.1	197.34	2806.85	19.4	1	19.35						91.23	2.33	8.90	4		
2 - 6733					3.687.0	10.05	20.00	79.33	153.1	196.66	2797.26	19.3	1	19.29						91.23	2.32	8.90	4		
3 - 6734					3.652.0	10.05	20.00	79.33	160.4	206.04	2930.63	20.2	1	20.21						91.23	2.30	8.90	4		
4 - 6735					3.634.0	10.05	20.00	79.33	156.4	200.90	2857.55	19.7	1	19.70						91.23	2.29	8.90	4		
5 - 6736					3.641.0	10.15	20.00	80.91	149.3	188.02	2674.34	18.4	1	18.44						91.23	2.25	8.90	4		
6 - 6737					3.659.0	10.00	20.00	78.54	156.4	202.92	2886.20	19.9	1	19.90						91.23	2.33	8.90	3		
7 - 6738					3.668.0	10.10	20.00	80.12	141.1	179.46	2552.55	17.6	1	17.60						91.23	2.29	8.90	4		
8 - 6739					3.680.0	10.05	20.00	79.33	156.2	200.65	2853.90	19.7	1	19.68						91.23	2.32	8.90	3		
9 - 6740					3.657.0	10.05	20.00	79.33	156.3	200.77	2855.72	19.7	1	19.69						91.23	2.31	8.90	1		
10 - 6741					3.635.0	10.05	20.00	79.33	166.0	213.23	3032.95	20.9	1	20.91						91.23	2.29	8.90	4		
11 - 6742					3.690.0	10.10	20.00	80.12	148.9	189.38	2693.65	18.6	1	18.57						91.23	2.30	8.90	4		
12 - 6743					3.669.0	10.05	20.00	79.33	160.5	206.17	2932.46	20.2	1	20.22						91.23	2.31	8.90	3		
13 - 6744					3.660.0	10.10	20.00	80.12	172.2	219.01	3115.16	21.5	1	21.48						91.23	2.28	8.90	4	Promedio Falla: 4.0	
14 - 6745					3.670.0	10.05	20.00	79.33	160.4	206.04	2930.63	20.2	1	20.21						91.23	2.31	8.90	3		
15 - 6746					3.673.0	10.10	20.00	80.12	164.5	209.22	2975.86	20.5	1	20.52						91.23	2.29	8.90	4		
16 - 6747					3.652.0	10.10	20.00	80.12	151.2	192.30	2735.26	18.9	1	18.86						91.23	2.28	8.90	3		
17 - 6748					3.656.0	10.05	20.00	79.33	150.0	192.68	2740.62	18.9	1	18.90						91.23	2.30	8.90	4		
18 - 6749					3.661.0	9.95	20.00	77.76	171.8	225.14	3202.33	22.1	1	22.08						91.23	2.35	8.90	3		
19 - 6750					3.673.0	10.00	20.00	78.54	158.7	205.90	2928.64	20.2	1	20.19						91.23	2.34	8.90	3		
20 - 6751					3.635.0	10.00	20.00	78.54	168.9	219.13	3116.87	21.5	1	21.49						91.23	2.31	8.90	3		
21 - 6752					3.675.0	10.00	20.00	78.54	170.9	221.73	3153.78	21.7	1	21.74						91.23	2.34	8.90	4		
22 - 6753					3.621.0	10.00	20.00	78.54	133.0	172.56	2454.38	16.9	1	16.92						91.23	2.31	8.90	3		
23 - 6754					3.675.0	10.05	20.00	79.33	173.2	222.48	3164.50	21.8	1	21.82						91.23	2.32	8.90	4		
24 - 6755					3.683.0	9.95	20.00	77.76	164.6	215.71	3068.13	21.2	1	21.15						91.23	2.37	8.90	4		
25 - 6756					3.674.0	9.95	20.00	77.76	166.1	217.67	3096.08	21.3	1	21.35						91.23	2.36	8.90	3		
26 - 6757					3.653.0	10.00	20.00	78.54	165.2	214.33	3048.59	21.0	1	21.02						91.23	2.33	8.90	4		
27 - 6758					3.647.0	9.95	20.00	77.76	160.3	210.07	2987.97	20.6	1	20.60						91.23	2.35	8.90	3		

TIPO DE FALLA						
TIPO 1	TIPO 3	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO DE FALLA PROMEDIO: 4
CONICA	CONICA Y FISURA	FISURAS COLUMNAR	DIAGONAL	FRACTURAS EN EXTREMOS	FRACTURA EN EXTREMOS Y FORMA DE	

OBSERVACIONES:
 * Muestra Concreto y 7% PET
 * Cilindros utilizados: 4" (10cms * 20cms). Para esta muestra la medida del diámetro de los cilindros no tuvo variación con respecto a otras muestras.
 * Se experimentó realizando 5 rupturas de cilindros con una nueva máquina recién calibrada. Los dos primeros tuvieron cargas bajas de Kn, los tres restantes alcanzaron las lecturas promedio con respecto a los fallados en la máquina habitual.
 * Hora de Toma de Ensayos 4:00 p.m.
 * Tipo de Falla Promedio: 1

IMÁGENES:



Anexo L. Planilla Ensayos a Tracción

FORMATO DE ENSAYO DE TRACCIÓN POR HENDIMIENTO (TRACCIÓN INDIRECTA) DE ESPESIMENES CILINDROS DE CONCRETO

PROYECTO: "DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADOS DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN".
LOCALIZACIÓN: Municipio de Popayán
FUENTE: Agregado Fino: Puerto Tejada, Agregado Grueso: Agregados Puracé, Agregado PET: Planta de Reciclaje Popayán, Cauca.
DESCRIPCIÓN: Muestra Patrón Concreto al 100 %, Muestra Concreto + PET al 5 % y Muestra Concreto + PET al 7 %.

MUESTRA: Pruebas 1, 2 y 3.
FECHA: 20 de Enero de 2023

MUESTRAS: N°1 (PATRÓN), N°2 (5% PET) y N°3 (7% PET).

TIPO DE MEZCLA	CONCRETO	GROUTING	MORTEROS
	X		

Muestra N°	Cilindro	Fecha de fabricación AAAA-MM-DD	Edad-Días de curado	Fecha de ensayo AAAA-MM-DD	Peso del Cilindro [grs]	Diámetro 1 Superior [cm]	Diámetro 2 Centro [cm]	Diámetro 3 Base [cm]	Diámetro Promedio [cm]	Altura [cm]	Área [cm ²]	Carga [kN]	Resistencia Obtenida			Factor de corrección	Resistencia a Compresión Corregida [Mpa]	Resistencia Tracción por Hendidimiento Promedio [Mpa]	Resistencia probable a 28 días [Mpa]	Resistencia Especificada			Resistencia % legada [Mpa]	Densidad [kg/cm ³]	Slump [cms]	Slump Promedio [cms]	Observaciones
													[kg/cm ²]	[Psi]	[Mpa]					[kg/cm ²]	[Psi]	[Mpa]					
1- Patrón	1 - 6380	2022-12-12	28	2023-01-09	12,603.0	15.00	14.95	15.00	14.98	30.00	4234.88	126.40	18.22	259.14	1.79	1	1.79	1.86	1.86	224.33	3190.84	22	8.45	8.90	8.73	0.10	
	2 - 6381				13,161.0	15.20	15.27	15.30	15.26	30.90	4424.61	123.50	16.98	241.41	1.66	1	1.66									0.10	
	3 - 6382				12,485.0	14.70	14.70	15.00	14.80	29.00	4073.02	136.32	20.58	292.69	2.02	1	2.02									0.11	
	4 - 6383				13,461.0	15.40	15.34	15.40	15.38	30.50	4433.64	135.72	18.75	266.63	1.84	1	1.84									0.10	
	5 - 6384				13,704.0	15.40	15.25	15.40	15.35	30.40	4412.46	137.09	19.04	270.73	1.87	1	1.87									0.10	
	6 - 6385				13,565.0	15.40	15.62	15.60	15.54	30.00	4446.57	145.30	20.20	287.22	1.98	1	1.98									0.10	
2-5% PET	1 - 6426	2022-12-12	28	2023-01-09	13,560.0	15.40	15.56	15.40	15.45	30.20	4432.77	140.75	19.54	277.93	1.92	1	1.92	1.71	1.71	224.33	3190.84	22	7.77	9.00	8.73	0.10	
	2 - 6427				13,201.0	15.30	15.27	15.20	15.26	30.20	4357.51	125.79	17.69	251.59	1.73	1	1.73									0.10	
	3 - 6428				13,667.0	15.40	15.37	15.40	15.39	30.30	4418.15	124.00	17.23	245.05	1.69	1	1.69									0.10	
	4 - 6429				13,453.0	15.50	15.42	15.50	15.47	30.20	4440.46	130.81	18.14	257.97	1.78	1	1.78									0.10	
	5 - 6430				13,073.0	15.50	15.18	15.40	15.36	30.30	4406.64	113.39	15.79	224.52	1.55	1	1.55									0.10	
	6 - 6431				12,428.0	14.90	14.97	14.80	14.89	30.40	4237.19	113.25	16.21	230.56	1.59	1	1.59									0.10	
3-7% PET	1 - 6596	2022-12-12	28	2023-01-09	12,384.0	15.00	14.97	15.15	15.04	30.40	4294.05	133.08	18.86	268.23	1.85	1	1.85	1.66	1.66	224.33	3190.84	22	7.53	8.30	8.73	0.09	
	2 - 6597				13,490.0	15.60	15.56	15.60	15.59	30.30	4493.87	127.30	17.47	248.40	1.71	1	1.71									0.10	
	3 - 6598				13,024.0	15.20	15.23	15.20	15.21	30.40	4358.83	115.72	16.22	230.63	1.59	1	1.59									0.10	
	4 - 6599				12,242.0	14.90	14.93	15.00	14.94	30.30	4247.98	118.48	16.96	241.14	1.66	1	1.66									0.10	
	5 - 6600				13,343.0	15.20	15.38	15.40	15.33	30.70	4432.39	107.73	14.84	210.99	1.45	1	1.45									0.10	
	6 - 6601				13,122.0	15.20	15.29	15.10	15.20	30.90	4401.48	123.73	17.08	242.82	1.67	1	1.67									0.10	

OBSERVACIONES:
 * Muestra Patrón Concreto al 100 %, Muestra Concreto + PET al 5 % y Muestra Concreto + PET al 7 %.
 * Cilindros utilizados: 6" (15cms * 30cms)
 * Muestra tomada en laboratorio (Materiales Agregado Fino: 40% y Agregado Grueso: 60%)
 * Hora de Toma de Ensayos 9:00 am - 12:30 m
 * Diámetros 1 y 3 tomadas con flexómetro. Diámetro 2 o central tomado con Micrómetro.

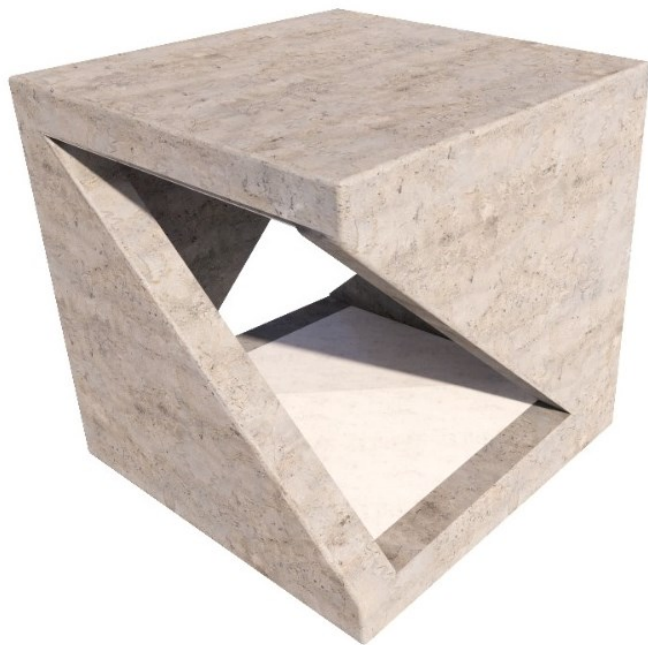
IMÁGENES:



Anexo M. Fichas Técnicas Mobiliario Urbano Con PET

SimpliCITY

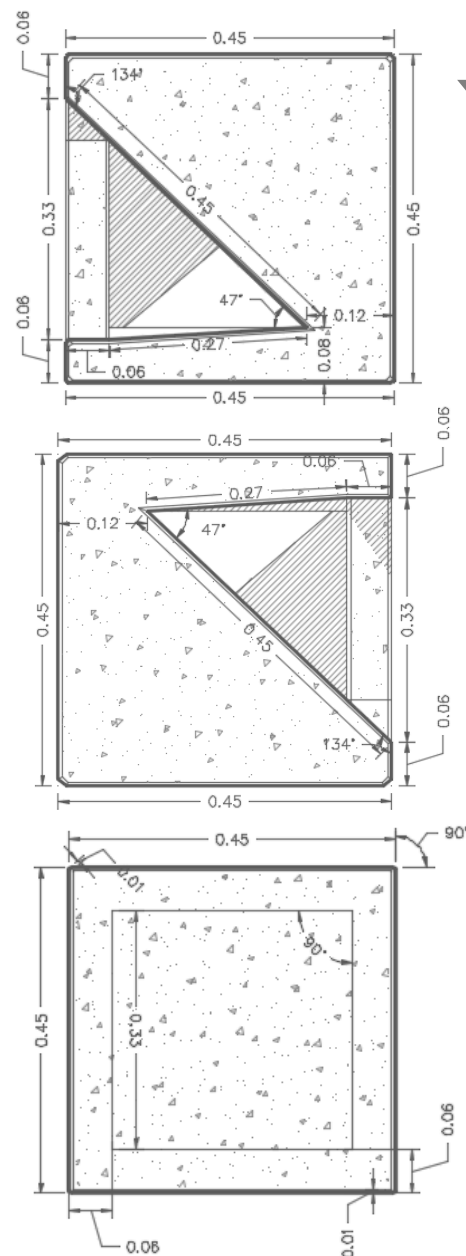
MOBILIARIO URBANO



C-PET-01

PESO: 114.8 KG

VOL: 0,047 M3

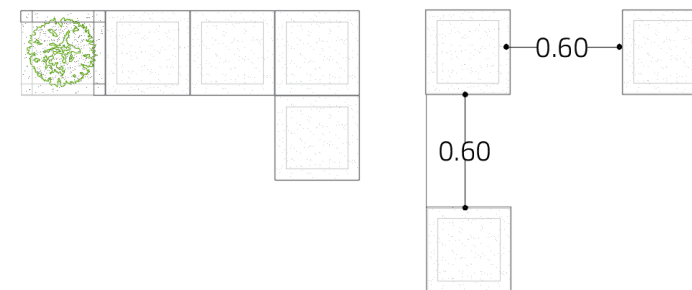


BANCO EN CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

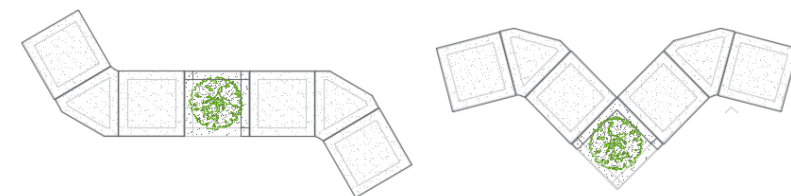
1. Banca en concreto reforzado con adición de 5% de plástico reciclado en hojuelas PET

Sugerencias grupales



Forma de L

Enfrentadas



Combinadas con C-PET-02 Y C-PET - 03

VISTA FRONTAL

ESC. 1.20

VISTA LATERAL

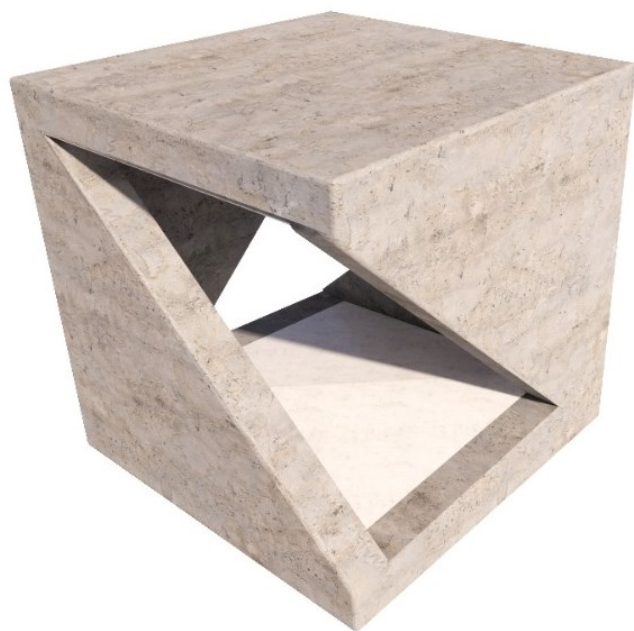
ESC. 1.20

VISTA SUPERIOR

ESC. 1.20

SimpliCITY

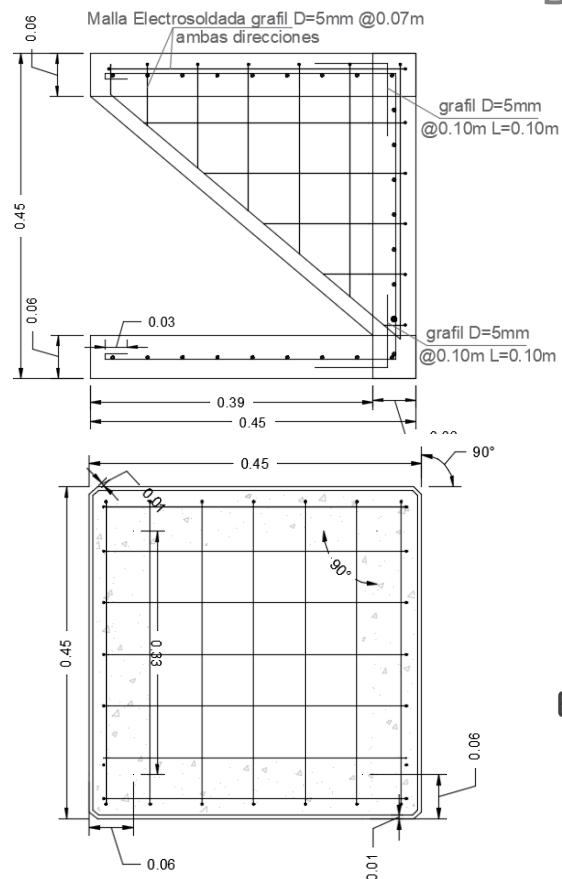
MOBILIARIO URBANO



C-PET-01

PESO: 114.8 KG

VOL: 0,047 M3



BANCO EN CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

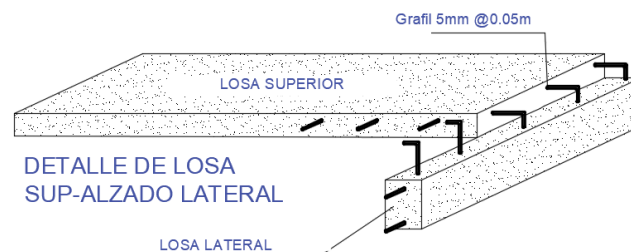
1. Banca en concreto reforzado con adición de 5% de plástico reciclado en hojuelas PET
2. Refuerzo de Grafil D = 5mm c/ 0,07m en ambas direcciones de doblada en L y embebida en el concreto para apoyo a través de perforación en suelo con adhesivo epóxico o embebidas.
3. Resistencia compresión a los 28 días 21.26 MPA
- 4 Resistencia a la tracción a los 28 días 1,71 MPA
5. Acabado: Concreto pulido
6. El pigmento del concreto debe aplicarse al momento del mezclado

ESTRU- FRONTAL

ESC. 1.20

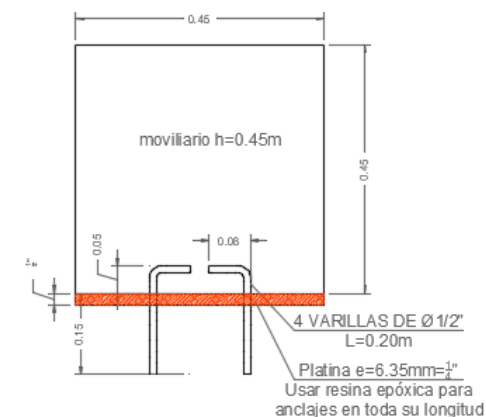
ESTRU-SUPERIOR

ESC. 1.20



ESTRU- LOSA

ESC. 1.20



ANCLAJE -ALZADO DETALLE PLACA BASE

ESC. 1.20

SimpliCITY

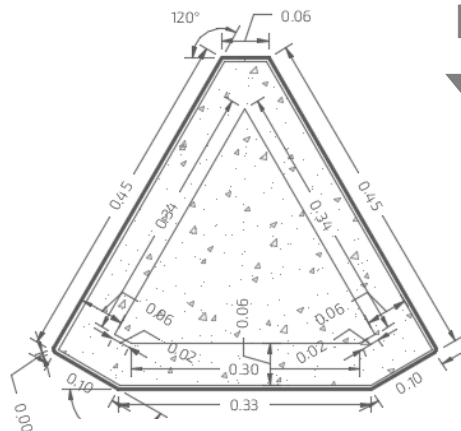
MOBILIARIO URBANO



C-PET-02

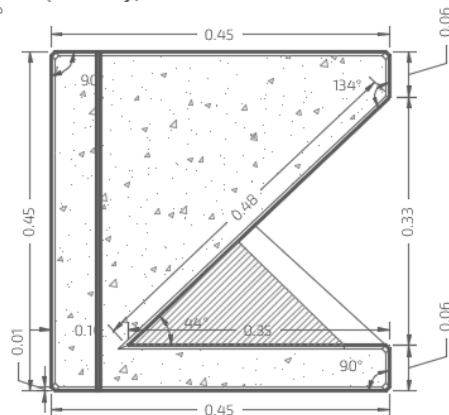
VOL: 0,03 M3

PESO: 73.3KG



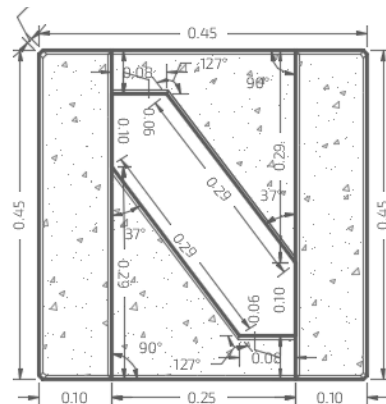
VISTA SUPERIOR

ESC. 1.20



VISTA LATERAL

ESC. 1.20



VISTA FRONTAL

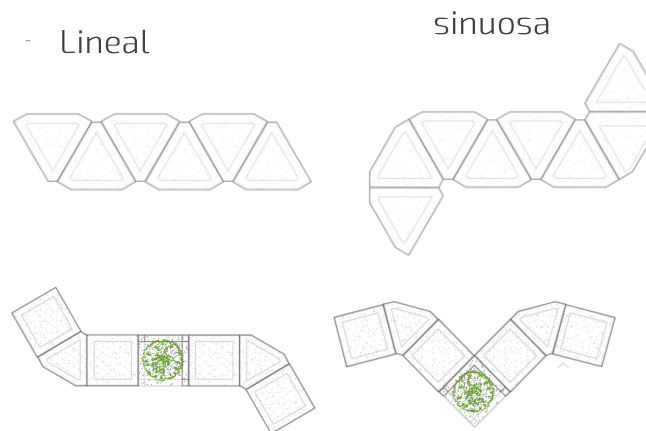
ESC. 1.20

BANCO EN CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Banca en concreto reforzado con adición de 5% de plástico reciclado en hojuelas PET
2. Refuerzo de Grafil D = 5mm c/ 0,07m en ambas direcciones de doblada en L y embebida en el concreto para apoyo a través de perforación en suelo con adhesivo epóxico o embebidas.
3. Resistencia compresión a los 28 días 21,26 MPA
- 4 Resistencia a la tracción a los 28 días 1,71 MPA
5. Acabado: Concreto pulido

Sugerencias grupales

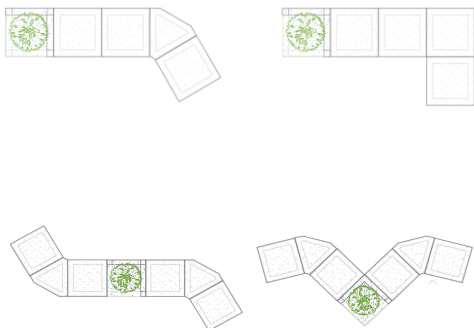


Combinadas con C-PET-02 Y C-PET - 03

SimpliCITY

MOBILIARIO URBANO

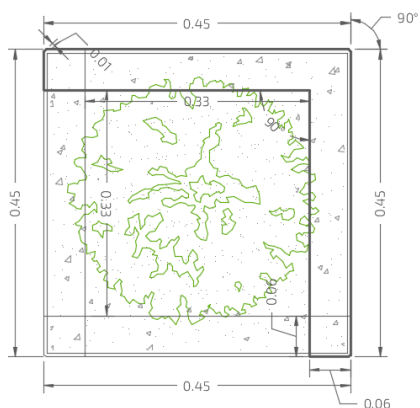
Sugerencias grupales



Combinadas con C-PET-01 Y C-PET - 02

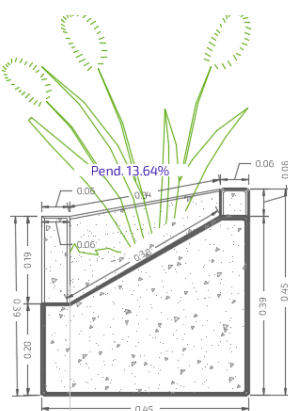
PESO: 114.8 KG
VOL: 0,013M3

C-PET-03



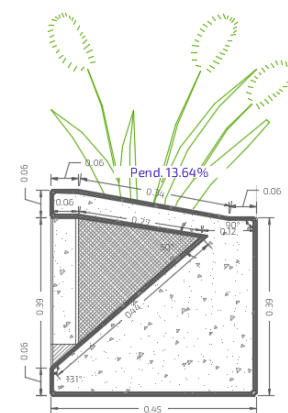
VISTA SUPERIOR

ESC. 1:20



VISTA LATERAL

ESC. 1:20



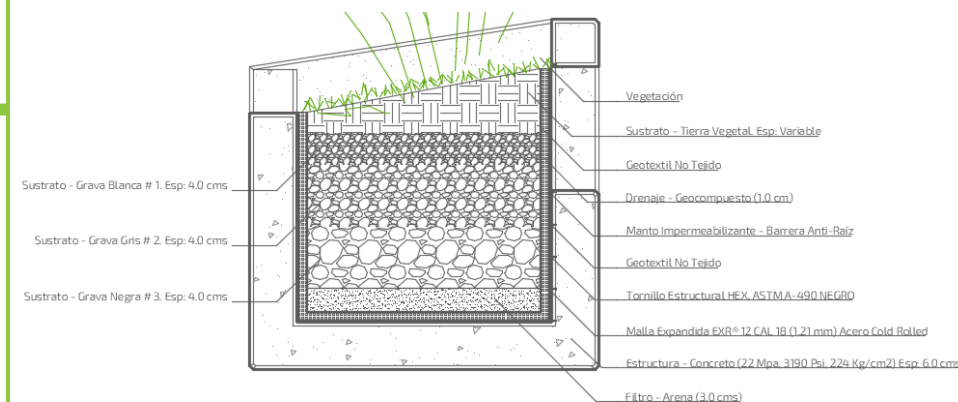
VISTA FRONTAL

ESC. 1:20

MATERA EN CONCRETO CON ADICIÓN DE PLÁSTICO PET ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Banca en concreto reforzado con adición de 5% de plástico reciclado en hojuelas PET
2. Refuerzo de Grafil D = 5mm c/ 0,07m en ambas direcciones de doblada en L y embebida en el concreto para apoyo a través de perforación en suelo con adhesivo epóxico o embebidas.
3. Resistencia compresión a los 28 días 21.26 MPA
- 4 Resistencia a la tracción a los 28 días 1,71 MPA
5. Acabado: Concreto pulido

Detalle constructivo



Anexo N. Plano Arquitectónico Mobiliario

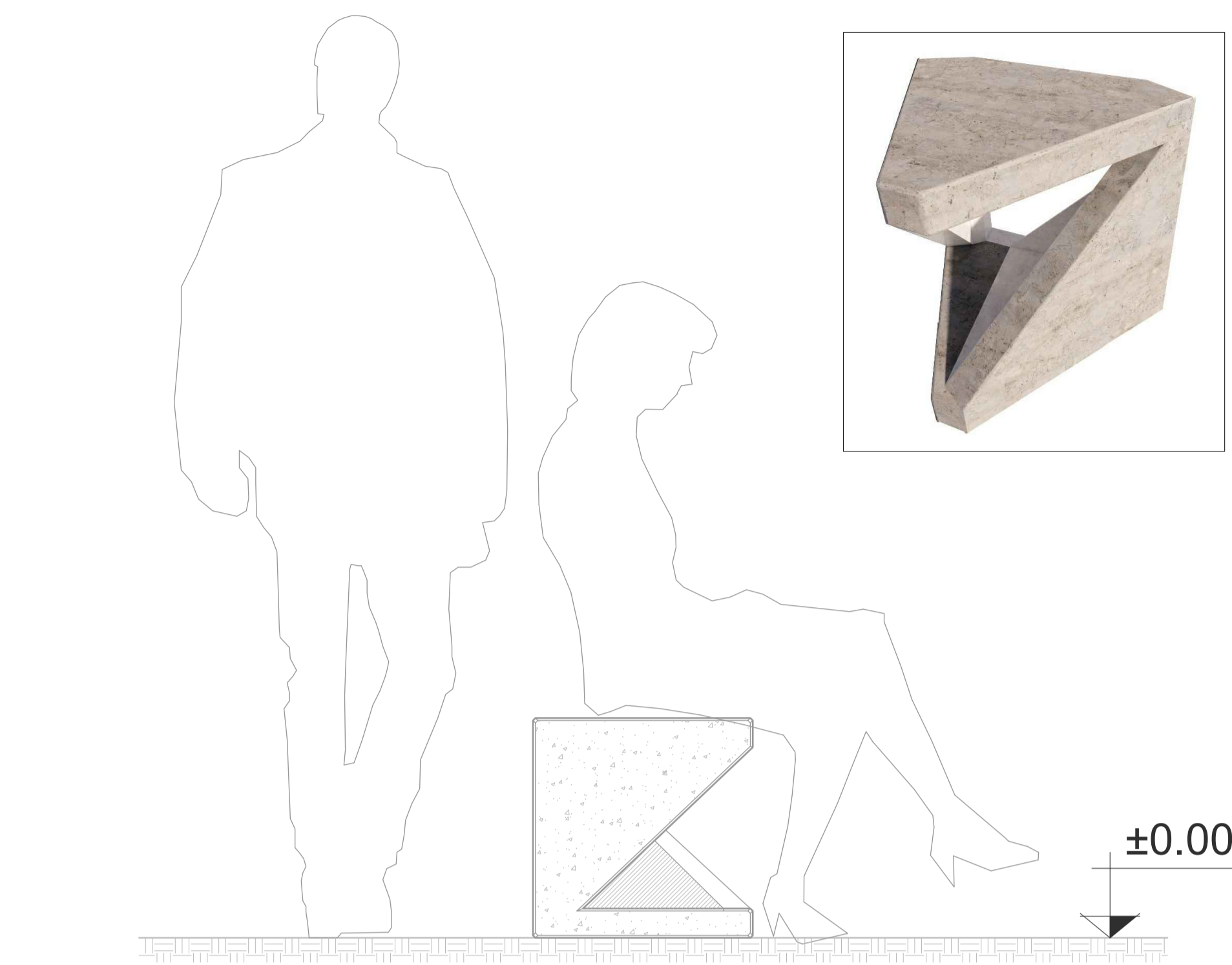
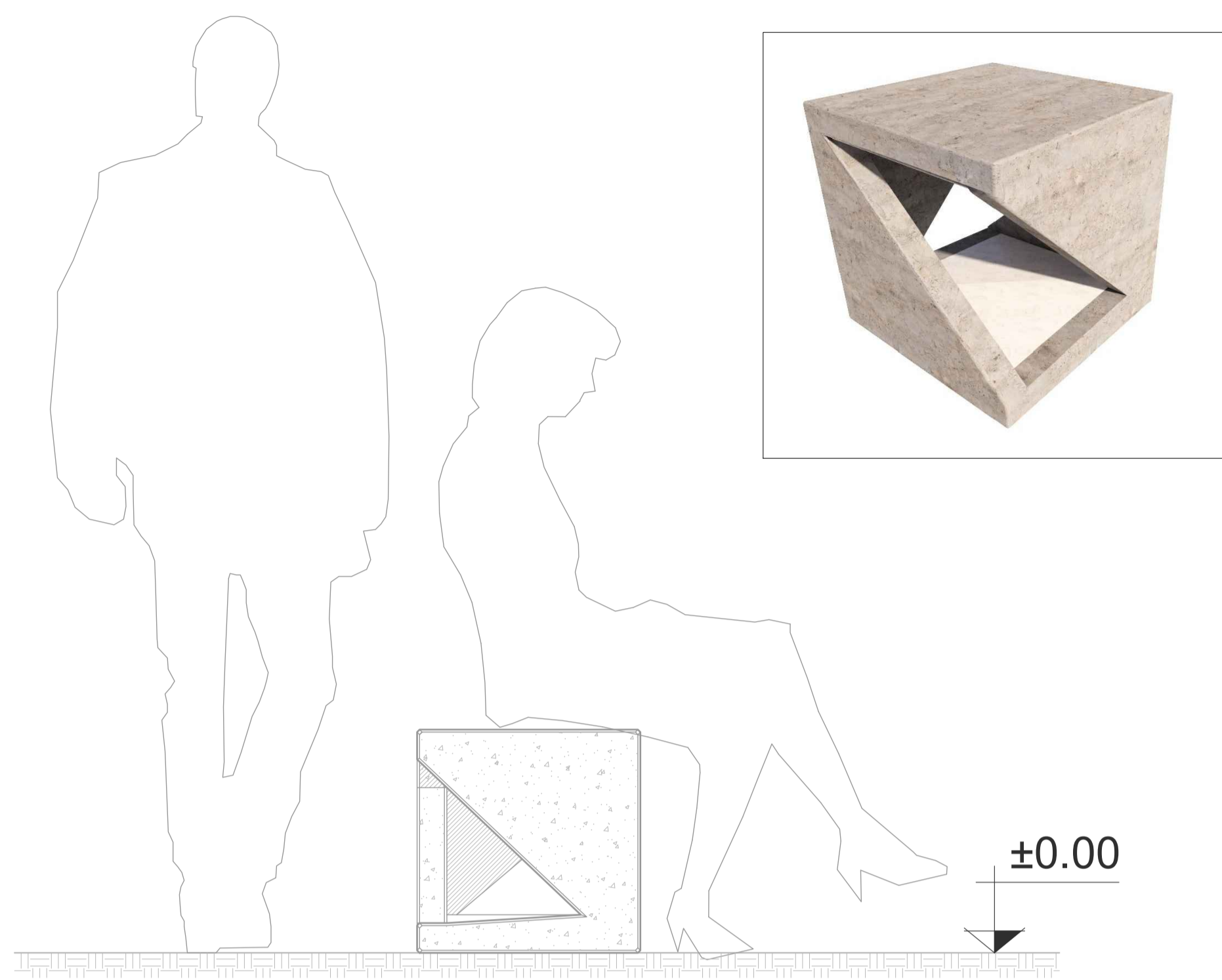
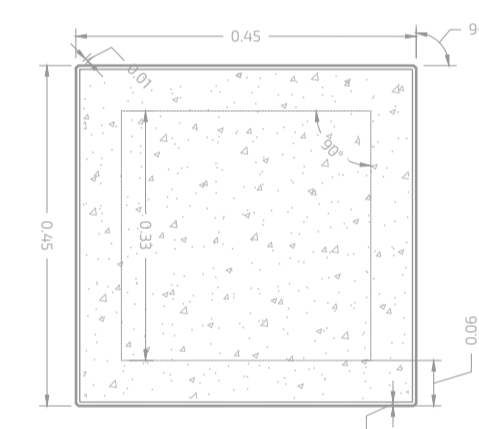
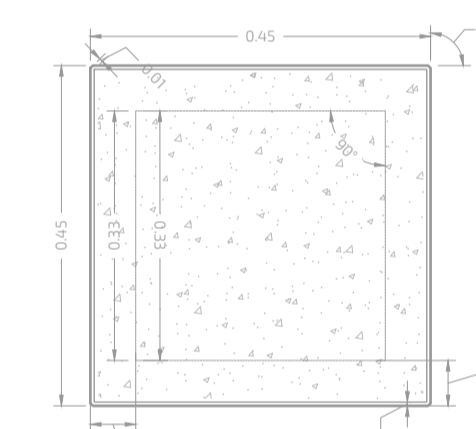


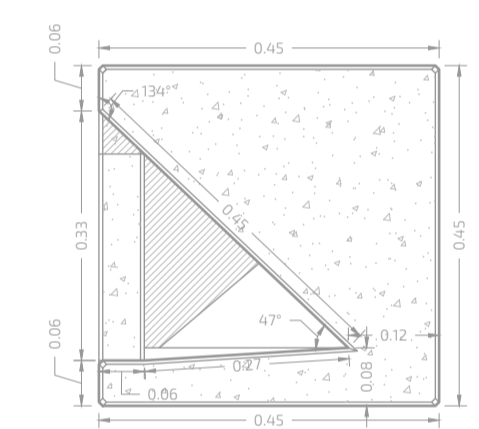
Imagen 3D



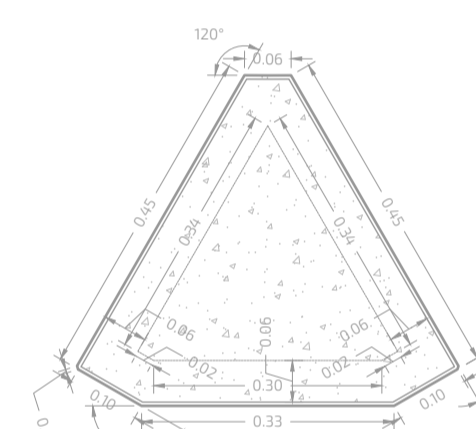
Planta



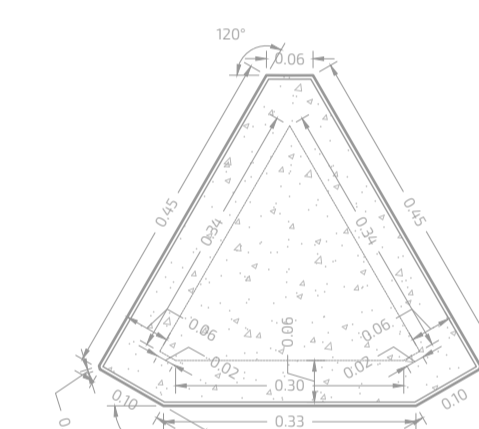
Inferior



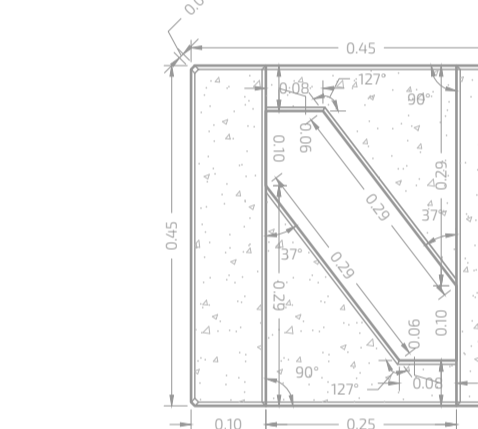
Alzado Front.



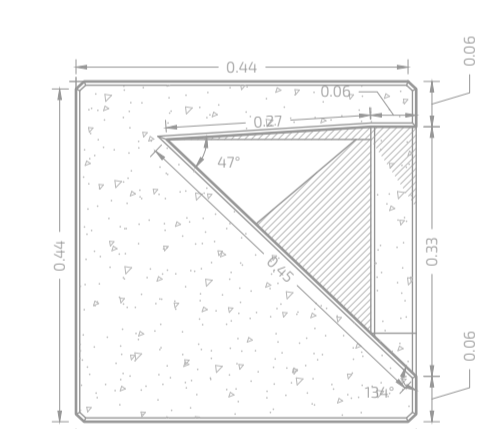
Planta



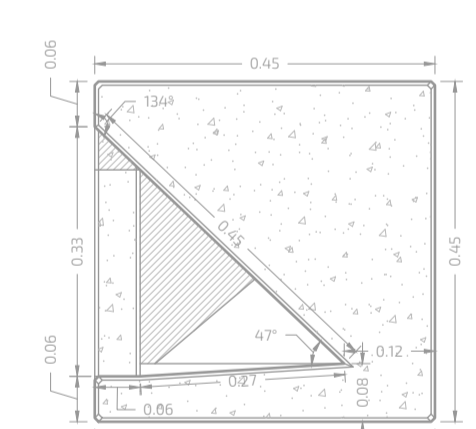
Inferior



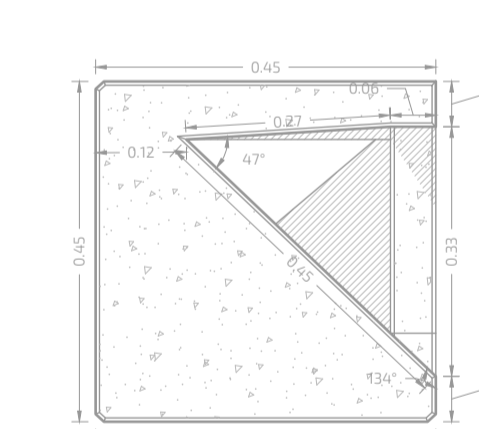
Alzado Front.



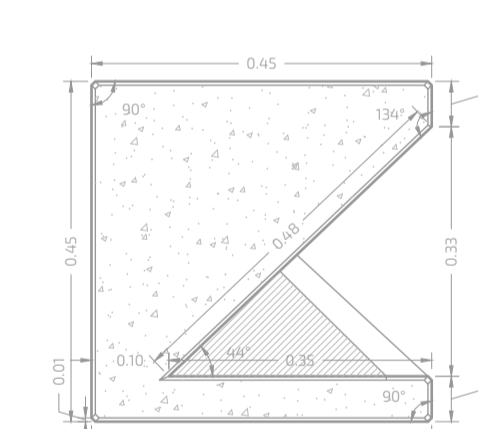
Alzado Lat-Izq.



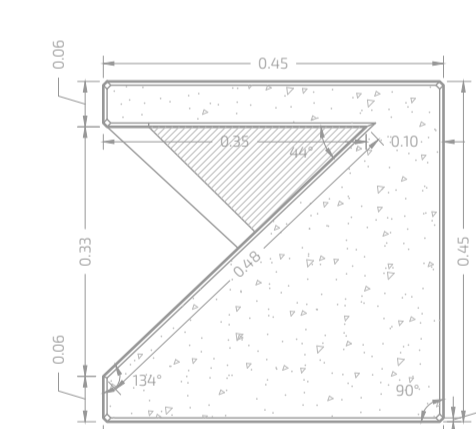
Alzado Post.



Alzado Lat-Der.



Alzado Lat-Izq.

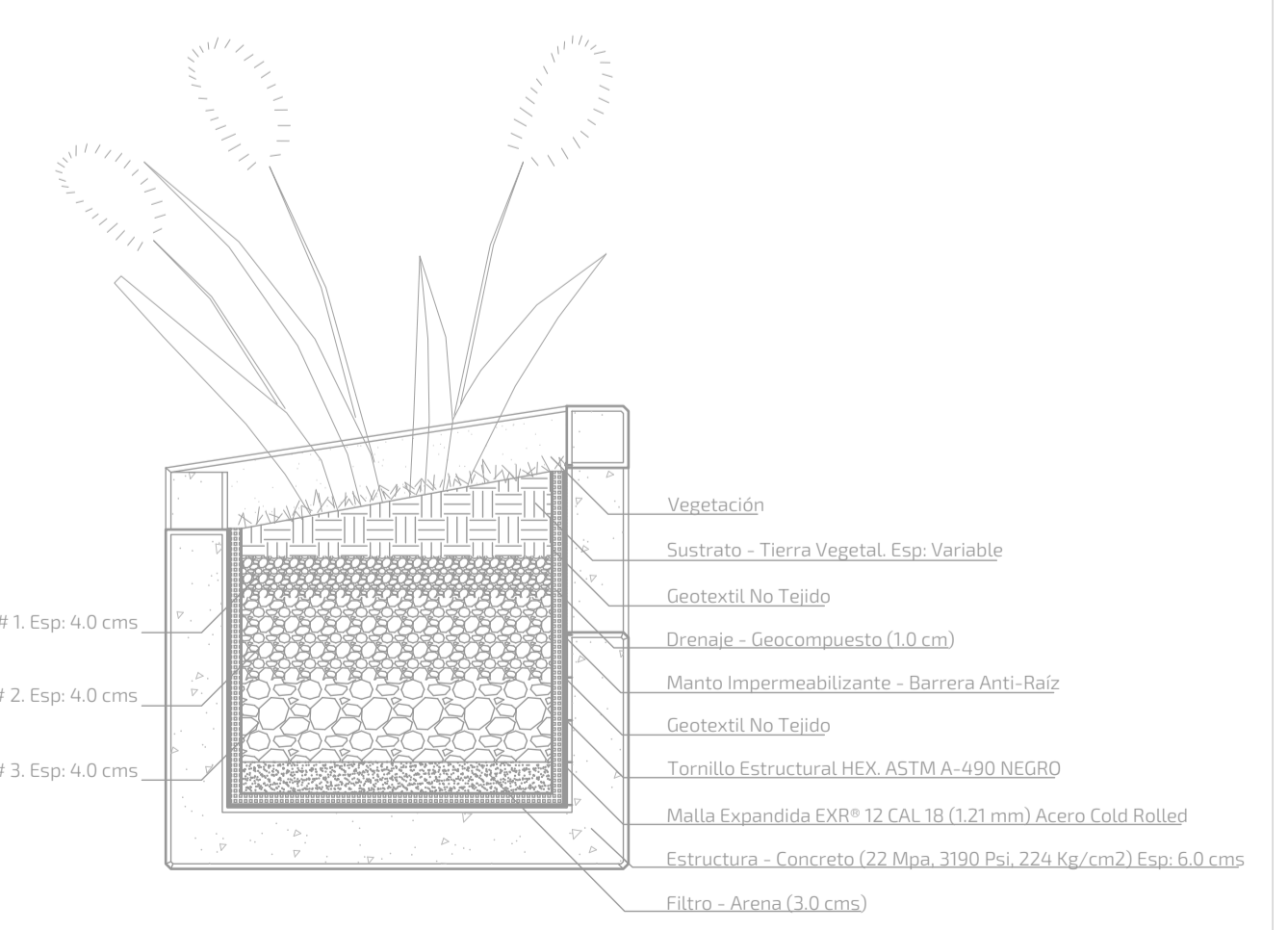
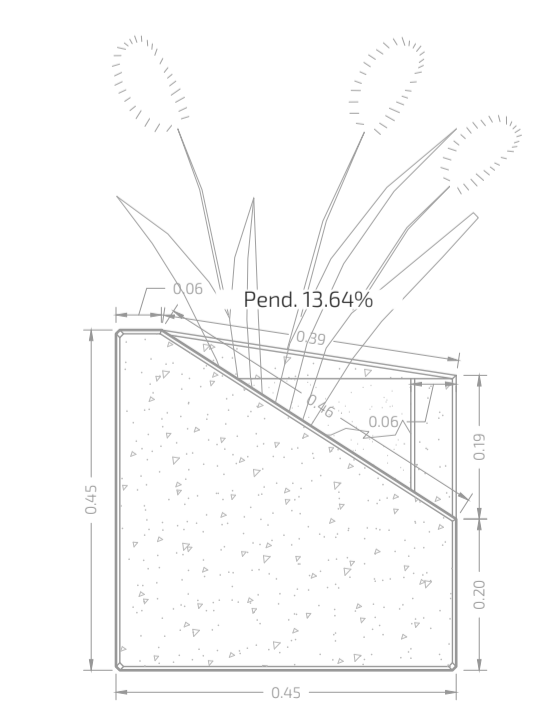
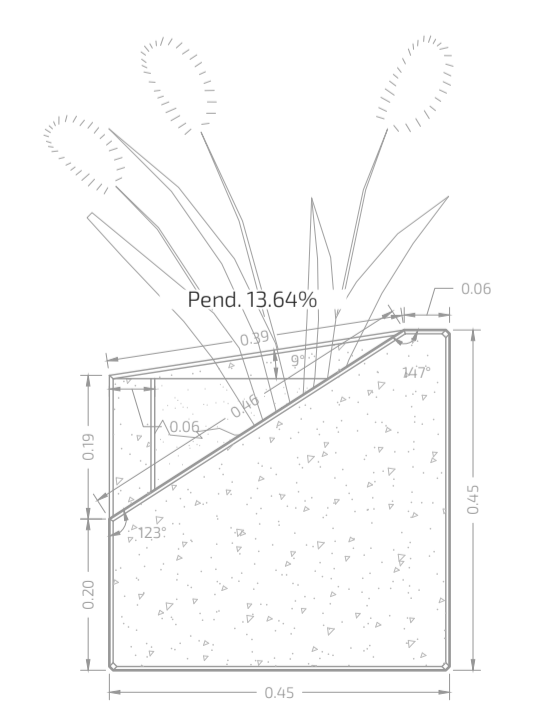
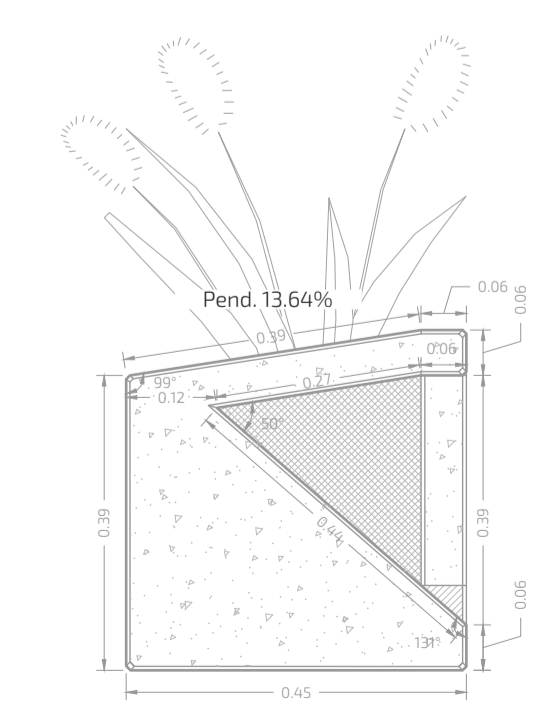
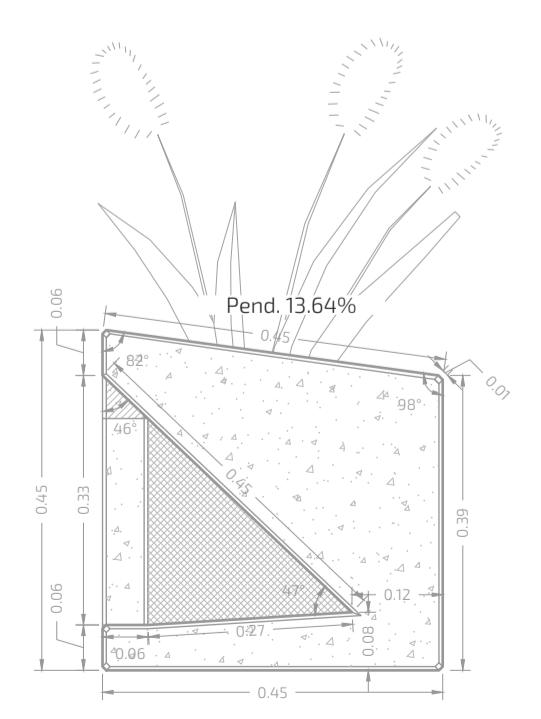
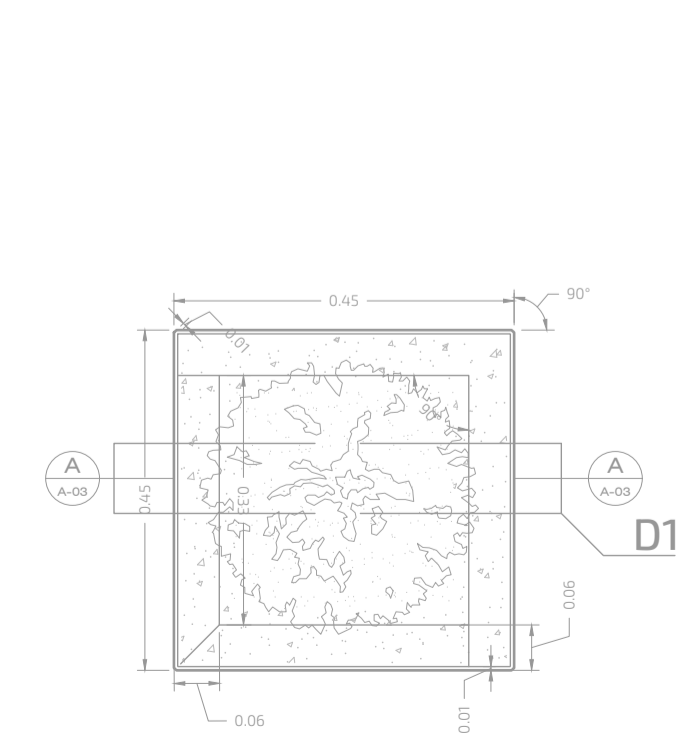


Alzado Lat-Der.

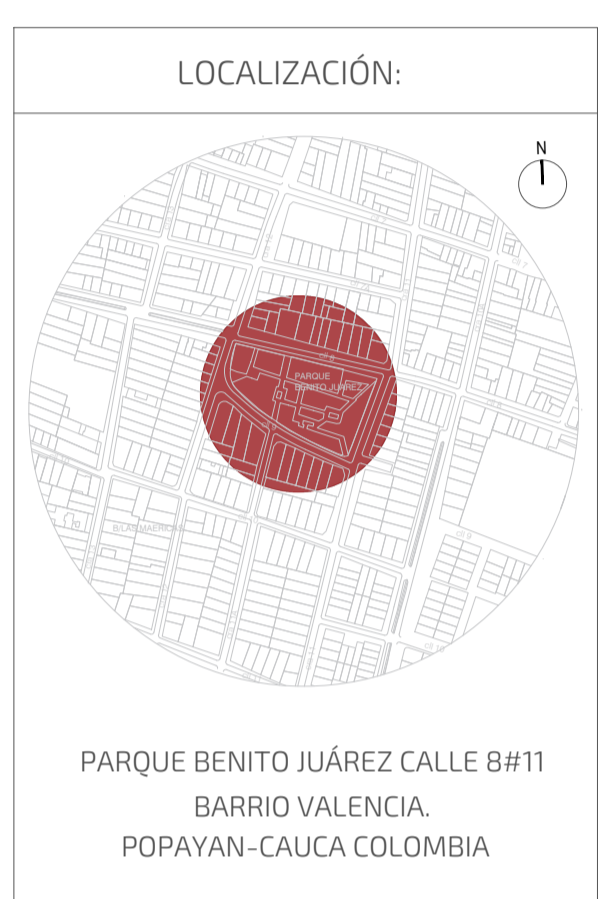
Banca Confinada Cuadrada-01
(Concreto + P.E.T) Esc: 1_10

Banca Confinada Hexagonal-01
(Concreto + P.E.T) Esc: 1_10

Detalle D1. Sección A-A
Matera - Esc: 1_10



PROYECTO
"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"



PROFESIONAL RESPONSABLES:

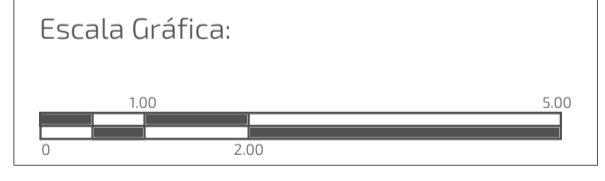
JOHN HARMAN PEÑA PAEZ
Arquitecto.
MP: _____
Cel: _____

EDILSON NARVAEZ GUERRERO
Arquitecto.
MP: _____
Cel: _____

CONTENIDO:

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA:
-DISEÑO ARQUITECTÓNICO MOBILIARIO URBANO Esc: 1_10.
-DETALLE A-A Esc: 1_10.
-RENDERS DEL MOBILIARIO

ESCALA: 1: 100 FECHA: 23/Ene/2023



ELABORADO POR:

PLANO N°:
A-PU-1/2

Notas:

1. Cualquier duda, ajuste o modificación del proyecto debe ser informado y aprobado por el Arquitecto proyectista.
2. El proyectista no se responsabiliza de los cambios al proyecto no sometidos a su consideración.
3. Para la ejecución de este proyecto, aparte del diseño arquitectónico se debe contar con un Estudio de Suelos, Diseño Estructural, Hidráulico, Eléctrico e Instalaciones y Equipos Especiales.
4. Último Plano Aprobado y actualizado reemplaza el anterior.
5. La estructura representada en este plano, es un esquema para la organización espacial del diseño arquitectónico, no indica medidas pertenecientes a un diseño estructural, ver los planos estructurales aprobados.

Anexo O. Plano Arquitectónico Urbano y Perfil Transversal



PLANTA ARQUITECTÓNICA - PARQUE BENITO JUÁREZ



CORTE ARQUITECTÓNICO A-A1

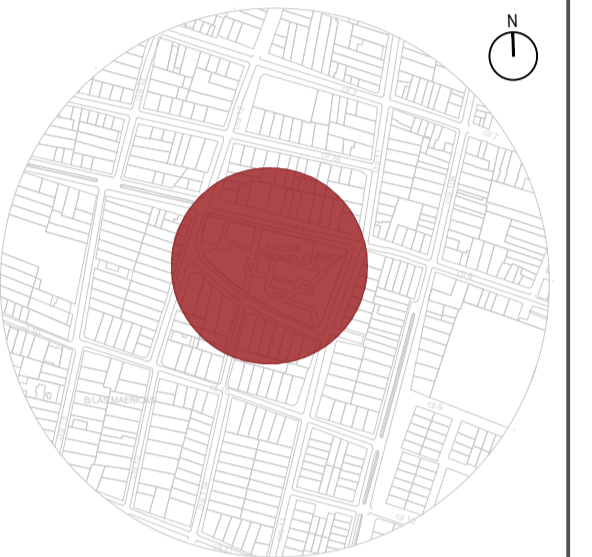


Universidad del Cauca®

PROYECTO

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"

LOCALIZACIÓN:



PARQUE BENITO JUÁREZ CALLE 8#11
BARRIO VALENCIA,
POPAYAN-CAUCA COLOMBIA

PROFESIONAL RESPONSABLES:

JOHN HARMAN PEÑA PAEZ
Arquitecto.
MP. _____
Cel: _____

EDILSON NARVAEZ GUERRERO
Arquitecto.
MP. _____
Cel: _____

CONTENIDO:

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA:

-PLANTA DE ARQUITECTÓNICA PROPUESTA DE MOBILIARIO URBANO PARQUE BENITO JUÁREZ
Esc: 1/100.
-SECCIÓN LONGITUDINAL A-A
Esc: 1/100.

ESCALA: FECHA:

1: 100 23/Ene/2023

Escala Gráfica:



ELABORADO POR:

PLANO N°:


A-PU-1/1

Notas:

1. Cualquier duda, ajuste o modificación del proyecto debe ser informado y aprobado por el Arquitecto proyectista.
2. El proyectista no se responsabiliza de los cambios al proyecto no sometidos a su consideración.
3. Para la ejecución de este proyecto, aparte del diseño arquitectónico se debe contar con un Estudio de Soportes, Diseño Estructural, Hidráulico, Eléctrico e Instalaciones y Equipos Especiales.
4. Último Plano Aprobado y actualizado reemplaza el anterior.
5. La estructura representada en este plano, es un esquema para la organización espacial del diseño arquitectónico, no indica medidas pertenecientes a un diseño estructural, ver los planos estructurales aprobados.


Anexo P. Plano Estructural


Anexo Q. Análisis de Precios Unitarios

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"		Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción			 Universidad del Cauca
		Presupuesto de Obra Resumen			
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez				\$17,367,944
1.1	Suministro e instalación de Banca Cuadrada prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET.	un	44.00	\$394,726	\$17,367,944

Resumen Costo Unitario de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO CONVENCIONAL				
Peso kg/m3=		2400.03		
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	118.380	\$ 391,013.00
Resumen Costo Unitario de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO + 5% DE PET				
Peso kg/m3=		2327.84		
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	114.950	\$ 394,726.00
Resumen Costo Unitario de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO + 7% DE PET				
Peso kg/m3=		2298.90		
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und materiales mano de obra
MODULO BANCA CUADRADA	1.00	0.047	113.580	\$ 396,201.00


Resumen Costo Total de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO CONVENCIONAL					
Peso kg/m3=		2400.03			
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und. Banca	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44.00	0.047	5208.72	\$ 391,013.00	\$ 17,204,572.00
Resumen Costo Total de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO + 5% de PET					
Peso kg/m3=		2327.84			
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und. Banca	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44.00	0.047	5057.8	\$ 394,726.00	\$ 17,367,944.00
Resumen Costo Total de MOBILIARIO URBANO (Banca Cuadrada) EN CONCRETO + 7% de PET					
Peso kg/m3=		2298.90			
Descripción	Und	vol. M3	Peso kg/Und incluye acero	Costo Directo Und. Banca	Costo Directo Total Bancas
MODULO BANCA CUADRADA	44.00	0.047	4997.52	\$ 396,201.00	\$ 17,432,844.00

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"				Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción				
				Memorias de revisión cantidades de obra			Universidad del Cauca	
Capítulo	1	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez						
Ítem:	1.1	Suministro e instalación de Banca Cuadrada prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico			Unidad	glb		
Área/lugar/elemento	Longitud	Ancho (m)	Alto (m)	Peso (kg)	V. PARCIAL (m3)	Cant. de elementos	Unidad	Total
Bancas	0.45	0.45	0.45	114.80	0.047	44.00	glb	44.00
Total								44.00

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"			Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción			
			Herramientas, Equipos y Transporte			
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
1	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez				\$17,367,944	
1.1	Suministro e instalación de Banca prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET.	un	44.00	\$394,726	\$17,367,944	

Ítem	Descripción de Herramientas - Equipos	Unidad	Cantidad	Tarifa Hora/Día	Rendimiento	Valor total
054-0007	Mezcladora para concreto Eléctrico (Trompo) 1/2 Bulto	\$/día	1.00	\$ 63,752.00	0.0073	\$ 465.34
054-0103	Vibrador con Motor Eléctrico- Aguja	\$/día	1.00	\$ 63,800.00	0.0073	\$ 465.70
067-0005	Herramienta Menor (% Mano de Obra)	%	10.00%	\$ 15,950.38	1.00	\$ 15,950.38
Subtotal						\$ 16,881.41

Ítem	Transporte de Equipos e Insumos	Unidad	Cantidad	Tarifa Viaje / Km	Rendimiento Kms	Valor total
118-0016	Transporte de Equipos, Materiales, Acarreos Varios	und-km	2.00	\$ 3,704.00	10.80	\$ 40,003.20
Subtotal						\$ 40,003.20

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"	Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción	 Universidad del Cauca
	Concretos	


Especificación Concreto:	3190 psi	224 kg/cm ²	22 mpa	1.00	m ³
Especificación Banca Concreto y PET:	3191 psi	225 kg/cm ²	23 mpa	0.047	m ³


Esta Etapa se caracteriza como una Actividad Auxiliar Para el cálculo de material para 1 m³ de concreto.

Concreto al 100%				
Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
Cemento Argos Saco por 50kgs	Un	7.45	\$ 32,000.00	\$ 238,400.00
Arena lavada de rio	m ³	0.58	\$ 100,000.00	\$ 58,000.00
Grava 3/4"	m ³	0.77	\$ 100,000.00	\$ 76,569.00
Agregado Plástico Reciclado PET	kg	0.00	\$ -	\$ -
Agua Lt	L	205.00	\$ 20.00	\$ 4,100.00
			Total	\$ 377,069.00


Concreto y PET al 5% (40%-55%-5%)				
Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
Cemento Argos Saco por 50kgs	Un	7.45	\$ 32,000.00	\$ 238,400.00
Arena lavada de rio	m ³	0.58	\$ 100,000.00	\$ 58,461.00
Grava 3/4"	m ³	0.70	\$ 100,000.00	\$ 70,189.00
Agregado Plástico Reciclado PET	kg	18.91	\$ 4,490.00	\$ 84,906.00
Agua Lt	L	205.00	\$ 20.00	\$ 4,100.00
			Total	\$ 456,056.00

Concreto y PET al 7% (40%-53%-7%)				
Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
Cemento Argos Saco por 50kgs	Un	7.45	\$ 32,000.00	\$ 238,400.00
Arena lavada de rio	m ³	0.58	\$ 100,000.00	\$ 58,461.00
Grava 3/4"	m ³	0.68	\$ 100,000.00	\$ 67,633.00
Agregado Plástico Reciclado PET	kg	26.47	\$ 4,490.00	\$ 118,850.00
Agua Lt	L	205.00	\$ 20.00	\$ 4,100.00
			Total	\$ 487,444.00

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"				Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción			 Universidad del Cauca
				Mano de Obra - Cuadrilla			
Clave	Descripción	Unidad	Valor Jornal	Factor Prest.	Valor Jornal	Rendimiento	Valor
Ítem	Trabajador - Cuadrilla	Jornal	Nominal	% Hora Efectiva	Con Prestaciones	Und Constr.	Parcial
000001	Oficial Albañilería y Concretos AC	Día	\$ 53,906.00	192.59%	\$ 103,819.00	1.00	\$ 103,819.00
A00001	Ayudante 1	Día	\$ 37,239.00	194.40%	\$ 72,392.62	1.00	\$ 72,392.62
						Subtotal	\$ 176,211.62


"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"				Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción		 Universidad del Cauca	
Capítulo 1							
Item	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez						
1.1	Suministro e instalación de Banca Cuadrada prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET.						
A.P.U.					Unidad		
Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez					Und		
Código	Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor Parcial	% Incidencia	
035-0012	Concreto hidráulico 3190 Psi Incluye Transp.	m3	0.047	\$ 377,069.00	\$ 17,722.00		
062-0005	Formaleta Madera (concreto hidráulico) para 5 Usos. Lámina de Triplex (15mm 1.22x2.44 Mts) Incluye Platinas metálicas para armado. Cortes Especificados según diseño y transporte	und	1.000	\$ 50,820.00	\$ 50,820.00		
001-0068	Acero Grafil D50 (Ø5.0 mm x 6.0ml) 0.154 kg/m 0.924 kg	und	5.54	\$ 5,200.00	\$ 28,829.00		
001-0065	Alambre negro para amarre. cal 18	kg	0.17	\$ 3,300.00	\$ 549.00		
150-0012	Acabado de Concreto Pulido 0.45 x0.45 x 0.45	Glb	1.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00		
					Subtotal materiales	\$ 197,920	51%
Código	Equipos y herramientas	Unidad	Cantidad	Tarifa Hr/Día	Rendimiento	Valor Parcial	
054-0007	Mezcladora para concreto Eléctrico (Trompo) 1/2 Bulto	\$/día	1.00	\$ 63,752.00	0.0073	\$ 465.34	
054-0103	Vibrador con Motor Eléctrico- Aguja	\$/día	1.00	\$ 63,800.00	0.0073	\$ 465.70	
067-0005	Herramienta Menor (% Mano de Obra)	%	10.00%	\$ 15,950.38	1.00	\$ 15,950.38	
					Subtotal equipos	\$ 16,881.41	4%

Clave	Descripción	Unidad	Valor Jornal	Factor Prest.	Valor Jornal	Rendimiento	Valor	
Item	Trabajador - Cuadrilla	Jornal	Nominal	% Hora Efectiva	Con Prestaciones	Und Constr.	Parcial	
000001	Oficial Albañilería y Concretos AC	Día	\$ 53,906.00	192.59%	\$ 103,819.00	1.00	\$ 103,819.00	
A00001	Ayudante 1	Día	\$ 37,239.00	194.40%	\$ 72,392.62	1.00	\$ 72,392.62	
Subtotal							\$ 176,211.62	45%
Total Costo directo							\$ 391,013.00	100%

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"						Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción	 Universidad del Cauca
Capítulo 1							
Item	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez						
1.1	Suministro e instalación de Banca Cuadrada prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET.						
A.P.U.							Unidad
Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez							
Código	Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor Parcial	% Incidencia	
035-0013	Concreto hidráulico 3190 Psi Con Adición de Plástico reciclado PET al 5%. Incluye Transp.	m3	0.047	\$ 456,056.00	\$ 21,435.00		
062-0005	Formaleta Madera (concreto hidráulico) para 5 Usos. Lámina de Triplex (15mm 1.22x2.44 Mts) Incluye Platinas metálicas para armado. Cortes Especificados según diseño y transporte	und	1.000	\$ 50,820.00	\$ 50,820.00		
001-0068	Acero Grafil D50 (Ø5.0 mm x 6.0ml) 0.154 kg/m 0.924 kg	und	5.54	\$ 5,200.00	\$ 28,829.00		
001-0065	Alambre negro para amarre. cal 18	kg	0.17	\$ 3,300.00	\$ 549.00		
150-0012	Acabado de Concreto Pulido 0.45 x 0.45 x 0.45	Glb	1.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00		
Subtotal materiales					\$ 201,633	51%	

Código	Equipos y herramientas	Unidad	Cantidad	Tarifa Hr/Día	Rendimiento	Valor Parcial
054-0007	Mezcladora para concreto Eléctrico (Trompo) 1/2 Bulto	\$/día	1.00	\$ 63,752.00	0.0073	\$ 465.34
054-0103	Vibrador con Motor Eléctrico- Aguja	\$/día	1.00	\$ 63,800.00	0.0073	\$ 465.70
067-0005	Herramienta Menor (% Mano de Obra)	%	10.00%	\$ 15,950.38	1.00	\$ 15,950.38
Subtotal equipos					\$ 16,881.41	4%

Clave	Descripción	Unidad	Valor Jornal	Factor Prest.	Valor Jornal	Rendimiento	Valor	
Item	Trabajador - Cuadrilla	Jornal	Nominal	% Hora Efectiva	Con Prestaciones	Und Constr.	Parcial	
000001	Oficial Albañilería y Concretos AC	Día	\$ 53,906.00	192.59%	\$ 103,819.00	1.00	\$ 103,819.00	
A00001	Ayudante 1	Día	\$ 37,239.00	194.40%	\$ 72,392.62	1.00	\$ 72,392.62	
Subtotal							\$ 176,211.62	45%
Total Costo directo							\$ 394,726.00	100%

"DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ECOLÓGICO BASADO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN CONCRETO CON AGREGADO DE ESCAMAS DE PLÁSTICO RECICLADO PET EN LA CIUDAD DE POPAYÁN"						Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Civil Maestría en Ingeniería de la Construcción	 Universidad del Cauca
Capítulo 1							
Item	Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez						
1.1	Suministro e instalación de Banca Cuadrada prefabricada en concreto con agregado de escamas de plástico reciclado PET.						
A.P.U.							Unidad
Dotación Bancas en Concreto para el Parque Benito Juarez							Und
Código	Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor Parcial	% Incidencia	
035-0014	Concreto hidráulico 3190 Psi Con Adición de Plástico reciclado PET al 7%. Incluye Transp.	m3	0.047	\$ 487,444.00	\$ 22,910.00		
062-0005	Formaleta Madera (concreto hidráulico) para 5 Usos. Lámina de Triplex (15mm 1.22x2.44 Mts) Incluye Platinas metálicas para armado. Cortes Especificados según diseño y transporte	und	1.000	\$ 50,820.00	\$ 50,820.00		
001-0068	Acero Grafil D50 (Ø5.0 mm x 6.0ml) 0.154 kg/m 0.924 kg	und	5.54	\$ 5,200.00	\$ 28,829.00		
001-0065	Alambre negro para amarre. cal 18	kg	0.17	\$ 3,300.00	\$ 549.00		
150-0012	Acabado de Concreto Pulido 0.45 x0.45 x 0.45	Glb	1.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00		
Subtotal materiales					\$ 203,108	51%	
Código	Equipos y herramientas	Unidad	Cantidad	Tarifa Hr/Día	Rendimiento	Valor Parcial	
054-0007	Mezcladora para concreto Eléctrico (Trompo) 1/2 Bulto	\$/día	1.00	\$ 63,752.00	0.0073	\$ 465.34	
054-0103	Vibrador con Motor Eléctrico- Aguja	\$/día	1.00	\$ 63,800.00	0.0073	\$ 465.70	
067-0005	Herramienta Menor (% Mano de Obra)	%	10.00%	\$ 15,950.38	1.00	\$ 15,950.38	
Subtotal equipos					\$ 16,881.41	4%	
Clave	Descripción	Unidad	Valor Jornal	Factor Prest.	Valor Jornal	Rendimiento	Valor
Item	Trabajador - Cuadrilla	Jornal	Nominal	% Hora Efectiva	Con Prestaciones	Und Constr.	Parcial
000001	Oficial Albañilería y Concretos AC	Día	\$ 53,906.00	192.59%	\$ 103,819.00	1.00	\$ 103,819.00
A00001	Ayudante 1	Día	\$ 37,239.00	194.40%	\$ 72,392.62	1.00	\$ 72,392.62
Subtotal						\$ 176,211.62	44%
Total Costo directo						\$ 396,201.00	100%

Anexo R. Renders

