

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET EN
DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL
EN LA CIUDAD DE TACNA

TESIS

PRESENTADA POR:

GUSTAVO JOSÉ BECERRA MOSCOSO

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

TACNA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA


Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICOS PET EN
DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL
EN LA CIUDAD DE TACNA**

La tesis sustentada y aprobada el 10 de julio de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : 
.....
Dr. Gregorio Pedro Tejada Monroy

SECRETARIO : 
.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

MIEMBRO : 
.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

ASESOR : 
.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

DEDICATORIA

Con fraterno cariño, a mi familia, en especial a mis padres, José y a la memoria de mi mamá Elsa y mi abuelita Fortunata, a mi hija y hermanos, quienes fueron el gran motivo para cumplir con esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez, mi asesor de tesis, quién fue muy importante en la orientación, asesoría y apoyo en el cumplimiento y culminación de la presente investigación; además se ha tenido el apoyo y cooperación complementaria de otros profesionales y egresados universitarios.

Al Dr. Walter Dimas Flórez Ponce de León, al Dr. Elmer Benito Rivera Mansilla, al Dr. Esteban Machaca Mamani, a los ingenieros José Luis Rivera Chicata, Ing. Alfredo Chura Arocutipa, al arquitecto ingeniero Frank Juan Carlos Apaza Pasaca, al profesor Víctor Yapuchura Platero, a la Ing. Pamela del Valle Sánchez, al biólogo, Daniel Machaca y al Ing. Luis Marcelino Pacoricona Cori.

A los egresados de Ingeniería de Minas, Pablo Zegarra Rocha y Richard Pumachapi Quico, al estudiante Duverly Roque Ramos, al Sr, Claros Flores de laboratorio CFC.

En general, mi agradecimiento a todas y cada una de las personas que han compartido conmigo la elaboración de esta tesis de investigación y agradecimiento por su apoyo y voluntad de colaboración.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.1. Descripción del problema | 4 |
| 1.1.1. Antecedentes del problema | 4 |
| 1.1.2. Problemática de la investigación | 6 |
| 1.2. Formulación del problema | 7 |
| 1.2.1. Formulación del problema principal..... | 9 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 10 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 10 |
| 1.4. Alcances y limitaciones..... | 12 |
| 1.4.1. Alcances..... | 12 |
| 1.4.2. Limitaciones..... | 12 |
| 1.5. Objetivos..... | 14 |
| 1.5.1. Objetivo general | 14 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 14 |
| 1.6. Hipótesis..... | 15 |
| 1.6.1. Hipótesis general..... | 15 |
| 1.6.2. Hipótesis específicas | 15 |
| | |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1. Antecedentes del estudio | 16 |
| 2.2. Bases teóricas | 36 |
| 2.2.1. Normatividad vigente | 36 |
| 2.2.2. Impacto ambiental | 38 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.3. Impacto del plástico..... | 41 |
| 2.2.4. Reciclado de residuos plásticos | 46 |
| 2.2.5. Mezclas de concreto..... | 47 |
| 2.2.6. Mitigación ambiental..... | 61 |
| 2.3. Definición términos | 67 |
| 2.3.1. Términos Medio Ambientales | 67 |
| 2.3.2. Términos mezclas de concreto..... | 71 |
| | |
| CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO | 79 |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación | 79 |
| 3.2. Población y muestra | 79 |
| a) Población..... | 79 |
| b) Muestra..... | 80 |
| 3.3. Operacionalización de variables | 80 |
| 3.3.1. Identificación de las variables..... | 80 |
| 3.3.2. Definición de las variables | 81 |
| 3.3.3. Operacionalización de las variables | 81 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos | 82 |
| 3.4.1. De las variables | 82 |
| 3.4.2. Registro documental..... | 83 |
| 3.4.3. Instrumento de recolección de datos | 83 |
| 3.5. Procesamiento y análisis de datos | 84 |
| 3.5.1. Identificación del impacto ambiental..... | 84 |
| 3.5.2. Procesos de fabricación de probetas | 89 |
| 3.5.3 Método general para calcular mitigación | 110 |
| | |
| CAPÍTULO IV MARCO FILOSÓFICO | 111 |
| 4.1. Hábitat y naturaleza..... | 111 |
| 4.2. Crisis ambiental y sociedad..... | 112 |
| 4.3. Desarrollo sostenible y modernidad | 112 |
| 4.4. La relación entre el medio ambiente, la sociedad y la economía | 112 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO V RESULTADOS..... | 114 |
| 5.1. Valoración del impacto ambiental | 114 |
| 5.2. Diseño de mezclas | 121 |
| 5.2.1. Diseño de dosificación de mezcla base..... | 121 |
| 5.2.2. Dosificación para probetas | 129 |
| 5.3. Mitigación ambiental | 147 |
| 5.3.1. Generación de residuos PET | 147 |
| 5.3.2 Proyección de generación de residuos PET en Tacna | 149 |
| 5.3.3 Proporción de PET en mezclas..... | 150 |
| 5.3.4. Interpretación del uso del PET en bloques y construcción..... | 151 |
| 5.4. Pruebas de hipótesis | 155 |
| | |
| CAPÍTULO VI DISCUSIÓN..... | 163 |
| | |
| CONCLUSIONES | 167 |
| RECOMENDACIONES | 168 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 169 |
| ANEXOS | 177 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabla I. | Resultado de peso unitario de concreto PET y $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ | 25 |
| Tabla II. | Consistencia, asentamiento y trabajabilidad de especímenes de concreto. | 25 |
| Tabla III. | Dosificación de mezclas por volumen y resistencias resultantes (kg/cm^2). | 26 |
| Tabla IV. | Valoración y descripción de atributos..... | 40 |
| Tabla V. | Valores extremos de la Importancia (I) | 41 |
| Tabla VI. | Propiedades y valores del PET | 43 |
| Tabla VII. | Clasificación de arenas | 49 |
| Tabla VIII. | Granulometría agregado grueso | 50 |
| Tabla IX. | Granulometría agregado fino | 51 |
| Tabla X. | Consistencias y Asentamientos según método “Slump” | 53 |
| Tabla XI. | Tolerancia de tiempo para realizar el ensayo de resistencia | 54 |
| Tabla XII. | Clase de unidad de albañilería para fines estructurales..... | 56 |
| Tabla XIII. | Resistencias y características de la albañilería (kg/cm^2)..... | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Costo de degradación ambiental anual (% del PBI)..... | 19 |
| Figura 2. | Logros en la implementación de programas de segregación en la fuente y recolección selectiva, años 2011 al 2015..... | 20 |
| Figura 3. | Localización de ciudades con proyectos para rellenos sanitarios .. | 21 |
| Figura 4. | Ladrillos con residuos PET (Córdoba, Argentina) | 27 |
| Figura 5. | Porcentajes de compra de residuos PET, Brasil..... | 29 |
| Figura 6. | Porcentajes de recicladores de residuos PET..... | 30 |
| Figura 7. | Porcentajes productos producidos por residuos PET, Brasil | 30 |
| Figura 8. | Tíjolos fabricados de PET | 31 |
| Figura 9. | Porcentajes de reciclaje de materiales..... | 34 |
| Figura 10. | Código de colores de resíduos..... | 38 |
| Figura 11. | Clasificación de los residuos sólidos..... | 44 |
| Figura 12. | Tipos de termoplásticos. Usos en el reciclado. | 45 |
| Figura 13. | Marca de reciclaje del PET | 46 |
| Figura 14. | Relación de distancia entre muros confinados a columnas | 57 |
| Figura 15. | Evolución de la resistencia de bloques de hormigón con PET | 58 |
| Figura 16. | Tipos de mampuesto con materiales reciclados y su resistencia... | 60 |
| Figura 17. | Construcción fabricada con PET | 61 |
| Figura 18. | Valoración de la calidad del paisaje | 62 |
| Figura 19. | Componentes de la calidad ambiental y evolución espacial y temporal | 63 |
| Figura 20. | Proceso de Gestión de los RRSS municipales | 64 |
| Figura 21. | Separación de residuos sólidos | 64 |
| Figura 22. | Estudio de Caracterización. | 65 |
| Figura 23. | Segregación de residuos sólidos, ámbito jurisdiccional | 66 |
| Figura 24. | Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos. | 69 |
| Figura 25. | Metodología para la formulación de PIGARS..... | 84 |
| Figura 26. | Población total y desagregada de Tacna 2012 al 2015. | 85 |
| Figura 27. | Proceso para obtener mezcla base o patrón | 89 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 28. | Proceso para obtener mezcla base o patrón, más PET | 90 |
| Figura 29. | Localización de cantera Arunta, de extracción de agregados | 91 |
| Figura 30. | Zona de extracción de agregados | 91 |
| Figura 31. | Materiales básicos para elaborar probetas de concreto | 93 |
| Figura 32. | Tipología de equipos e instrumentos utilizados en preparación de mezclas y probetas de concreto | 94 |
| Figura 33. | Proceso habilitado de plástico PET | 95 |
| Figura 34. | Proceso general para obtención de concreto especificado | 109 |
| Figura 35. | Localización de concentración de residuos expuestos en Tacna. | 114 |
| Figura 36. | Clasificación y análisis granulométrico del agregado | 122 |
| Figura 37. | Análisis Granulométrico por tamizado ASTM C-136 | 123 |
| Figura 38. | Ensayo de peso unitario del agregado grueso. | 127 |
| Figura 39. | Proceso de dosificación de mezclas con adición de PET- | 131 |
| Figura 40. | Preparación de mezcla y elaboración de las probetas | 132 |
| Figura 41. | Resultante de prueba de compresión en kg-F (28 días). | 133 |
| Figura 42. | Preparación de los materiales y dosificación para Ensayo 2 | 135 |
| Figura 43. | Preparación del concreto en Laboratorio UNJBG. | 135 |
| Figura 44. | Prueba de Slump y trabajabilidad de concreto | 136 |
| Figura 45. | Colocación en moldes y etiquetado para probetas de 4 x 8 pulgadas. | 136 |
| Figura 46. | Dosificación y mezclado en ensayo 3 (manual) | 137 |
| Figura 47. | Bloques de concreto con 10 % PET | 141 |
| Figura 48. | Lectura de la resistencia a la compresión de los bloques | 142 |
| Figura 49. | Prueba de horno para determinar humedad de bloque | 144 |
| Figura 50. | Proceso para determinar grado de absorción en bloques | 145 |
| Figura 51. | Equipos para determinar durabilidad de bloques | 146 |
| Figura 52. | Relación porcentual entre otros residuos sólidos y el PET. | 148 |
| Figura 53. | Peso promedio en bloques con residuo PET. | 151 |
| Figura 54. | Equivalencias de pesos por tipo de envase y rendimiento por unidad de bloque y m ² de muro | 152 |
| Figura 55. | Distribución de bloques en muros de módulo de vivienda | 155 |

| | |
|--|-----|
| Figura 56. Comparación de estrategias de mitigación de residuos PET en Tacna | 159 |
| Figura 57. Histograma de resistencia en kg en relación a frecuencias de muestras | 162 |
| Figura 58. Resistencias de bloques de concreto con PET en Gaggino (2008)..... | 165 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|--|-----|
| Cuadro 1. | Estimado de generación de residuos sólidos..... | 86 |
| Cuadro 2. | Valoración de impacto..... | 87 |
| Cuadro 3. | Matriz causa - efecto (cálculo de impactos). | 88 |
| Cuadro 4. | Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global... | 101 |
| Cuadro 5. | Residuos Sólidos - RRSS según PIGARS Tacna y MPT..... | 115 |
| Cuadro 6. | Valoración cualitativa-matriz de importancia sin estrategias del impacto ambiental del PET en Tacna. | 116 |
| Cuadro 7. | Valoración de impactos aplicando la metodología Conesa sin estrategias. | 117 |
| Cuadro 8. | Valoración cualitativa-matriz de importancia con estrategias del impacto ambiental del PET en Tacna. | 120 |
| Cuadro 9. | Valoración de impactos aplicando la metodología Conesa con estrategias. | 121 |
| Cuadro 10. | Valoración ambiental estimada de impacto de residuos PET (Tacna)..... | 121 |
| Cuadro 11. | Ensayo de Humedad Natural NTP. 339,185 ASTM D-2216 | 124 |
| Cuadro 12. | Ensayo de peso específico del agregado NTP. 400,022 / ASTM C-128 | 125 |
| Cuadro 13. | Ensayo de absorcion 400.022 / ASTM C-128 | 126 |
| Cuadro 14. | Ensayo de pesos unitarios NTP. 400.017/ASTM C-29 | 127 |
| Cuadro 15. | Diseño resultante según método ACI..... | 128 |
| Cuadro 16. | Diseño mezcla base según método ACI | 129 |
| Cuadro 17. | Dosificación de mezcla base para concreto..... | 129 |
| Cuadro 18. | Dosificación de mezcla base con adición de 5, 10 y 15 %..... | 130 |
| Cuadro 19. | Resultados de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días. | 133 |
| Cuadro 20. | Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12% de PET..... | 134 |
| Cuadro 21. | Resultados de compresion de probetas de 4"x8" a los 28 días. | 137 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Cuadro 22. | Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12 % de PET..... | 138 |
| Cuadro 23. | Ensayo de Compresión de probetas de 4"x8" a los 28 días..... | 138 |
| Cuadro 24. | Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12% de PET | 139 |
| Cuadro 25. | Ensayo de compresión de probetas de 4"x8" a los 28 días. | 139 |
| Cuadro 26. | Ensayo de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días. | 140 |
| Cuadro 27. | Ensayo de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días. | 140 |
| Cuadro 28. | Ensayo de Compresión de bloques con 10 % PET, dimensiones de 8x10x20 cm..... | 142 |
| Cuadro 29. | Determinación de propiedades físicas: Densidad. | 143 |
| Cuadro 30. | Determinación de propiedades físicas: Humedad..... | 144 |
| Cuadro 31. | Determinación de propiedades físicas: Absorción. | 146 |
| Cuadro 32. | Ensayo de durabilidad..... | 147 |
| Cuadro 33. | Pesos en pruebas de mezclas secas..... | 150 |
| Cuadro 34. | Pesos de residuo PET en peso y volumen de mezclas de concreto | 151 |
| Cuadro 35. | Cantidades de envases por bloque de concreto, con 8 % de PET..... | 153 |
| Cuadro 36. | Cantidades de envases por bloque de concreto, con 10 % de PET | 153 |
| Cuadro 37. | Cantidades de envases por bloque de concreto, con 12 % de PET | 154 |
| Cuadro 38. | Prueba de normalidad..... | 157 |
| Cuadro 39. | Prueba de muestras independientes para evaluar impacto ambiental. | 159 |
| Cuadro 40. | Prueba de resistencias de concreto y residuos PET. T de una muestra..... | 161 |
| Cuadro 41. | Prueba de hipótesis en resistencias de concreto con residuos PET | 164 |

RESUMEN

La investigación, en referencia, tiene por objetivo principal demostrar que es factible la sustitución de un porcentaje en los agregados de mezclas de concreto con residuos plásticos PET, con el propósito de mitigar los impactos negativos de dichos residuos en el medio ambiente de Tacna. Esto se sustenta, en que es ampliamente conocido el impacto negativo del tereftalato de polietilenop (PET), que luego de su uso para el cual fue fabricado, no tiene un destino amistoso con el medio ambiente en su destino final ecológicamente aceptable, y en Tacna se evidencia ello, con la sobre exposición de dicho residuos en los espacios públicos y medio ambientales (suelos, agua, aire), y por ende en deterioro del paisaje natural y cultural de ciudad. En este contexto, la investigación desarrolló la alternativa de fijar dichos residuos en mezclas básicas de concretos, y con base en teoría similares y normativas, y antecedentes nacionales e internacionales afines al tema, y sobre métodos ACI, ASTM, Normas Técnicas Peruanas, Reglamento Nacional de Edificaciones, entre otros, permitieron demostrar la factibilidad de usar los mismos, en dosificaciones de mezclas en probetas, con reemplazos del 8, 10 y 12 %, en agregados, y luego de las pruebas respectivas a los especímenes (probetas), a los 7, 14 y 28 días, resultó la demostración de hipótesis para el uso de mezclas en concretos con el uso adicional de residuos plásticos PET, aptos para mampuestos utilizados en construcción, mitigando con ello su impacto ambiental negativo, y según un nivel gestión municipal acertado.

Palabras clave: Dosificación, mezclas, mitigación probetas, reciclado

ABSTRACT

The main objective of the research in question is to demonstrate the feasibility that the addition of PET plastic waste, and in a given percentage substitution of aggregates, in the dosage of concrete mixtures, allow to mitigate the negative impacts of such waste on the environment of Tacna. This is supported, in that it is widely known, the negative impact of polyethylene terephthalate (PET), which after its use for which it was manufactured, does not have a friendly destination with the environment in its ecologically acceptable final destination, and in Tacna evidences this, with the overexposure of said waste in public and environmental spaces (soil, water, air), and therefore in deterioration of the natural and cultural landscape of the city. In this context, the research developed the alternative of fixing said wastes in basic concrete mixtures, and with similar and normative theoretical bases, and national and international antecedents related to the subject, and on ACI, ASTM, Peruvian Technical Standards, National Regulation Buildings, among others, allowed demonstrating the feasibility of using them, in dosages of mixtures in test tubes, with replacements of 8, 10 and 12%, in aggregates, and after the respective tests on the specimens (specimens), the 7, 14 and 28 days, was the demonstration of hypothesis for the use of mixtures in concrete with the additional use of PET plastic waste, suitable for masonry used in construction, thereby mitigating its negative environmental impact, and according to a municipal management level right.

Keywords: Dosage, mixtures, test tubes mitigation, recycling

INTRODUCCIÓN

La motivación del tema de investigación nace desde el punto de vista ambiental, y de observar la opinión de los expertos que indican que los residuos PET demoran en degradarse unos 400 años, sea en medios acuáticos o terrestres, y este problema se observa en los espacios abiertos y cuerpos de agua en la ciudad de Tacna con la sobre exposición de estos residuos generando contaminación ambiental y visual, deteriorando el paisaje urbano y natural; igualmente no se tienen planes y proyectos en cuanto al reciclaje, y reutilización del residuo plástico en la ciudad a nivel formalizado y que ello signifique aprovechar esa fase posterior en un valor agregado como componente en dosificaciones de mezclas de concreto por ejemplo y fabricar, de ser el caso, bloques de concreto, y con ello mitigar el impacto negativo de los residuos.

Según el CEMPRE de Uruguay (2019), el 60 % de rescates de tortugas en Argentina tiene infestados sus intestinos de plásticos, generados por el arrojo de estos residuos a los ecosistemas marinos, y que generan con el tiempo la pérdida de esta especie acuática.

La relación entre el medio ambiente, la sociedad y la economía, debe estar regido por la equidad, y a partir de esta triada que es capaz de modificar, directa, o indirectamente, los patrones de uso de los recursos naturales de un país o región; esto invita a ver dentro del universo de los contaminantes al medio ambiente, y dentro de ellos los residuos sólidos urbanos tienen un alto porcentaje de aporte a dicha contaminación (Varela, 2014); dentro de estos residuos el PET, tiene igualmente un gran porcentaje, teniendo en Tacna un promedio del 27 % del total de los residuos urbanos.

La presente investigación tiene el objetivo general de demostrar que es factible la sustitución de un porcentaje en los agregados de mezclas de concreto

con residuos plásticos PET, y poder ofertar igualmente la factibilidad de fabricar bloques o elementos constructivos en edificaciones o complementos constructivos de exteriores, y con ello poder mitigar en parte el impacto negativo del plástico en el medio ambiente de Tacna.

En tal sentido, para el desarrollo de la presente investigación, se ha estructurado en seis capítulos desagregados de la siguiente forma:

El Capítulo I enfoca el planteamiento y descripción del problema, los alcances y limitaciones del estudio, los objetivos y la formulación de hipótesis.

El Capítulo II centra la exposición en el marco teórico, con la cita de los antecedentes internacionales, nacionales y locales, y con la información de campo del municipio de Tacna, el PIGARS Tacna 2014-2021, sobre los procesos de segregación de residuos urbanos de los años 2016 al 2018, y la normativa por parte del MINAM, en las políticas de gestión; igualmente se expusieron antecedentes afines al estudio a nivel nacional e internacional, así como bases teóricas consultadas, tanto para la problemática de los residuos plásticos PET, como de las bases teóricas normativas, de elaboración de mezclas y dosificaciones de concreto con investigaciones similares, y de mitigación del impacto ambiental del PET, en una propuesta nemotécnica que materialice dicha factibilidad de mitigación. Finalmente, en el capítulo se desagregan los términos y definiciones conceptuales inherentes a la investigación y sus variables.

El Capítulo III define el marco metodológico, donde se expone el tipo y diseño de la investigación, la definición de la población y muestra, la operacionalización de las variables, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento y análisis de los mismos, como es la fabricación de especímenes (probetas) en un total de 60 muestras cilíndricas, de las cuales, 45 se fabricaron con adición de escamas de PET, y 15 con una mezcla como dosificación base sin PET, elaboradas según los métodos ACI y las Normas Técnicas Peruanas (NTP) vigentes en el Perú, adicionalmente se exponen los

métodos para pruebas físico mecánicas sobre bloques de concreto referidas a grados de humedad, nivel de absorción y de desgaste del concreto.

El Capítulo IV representa el marco filosófico, y se resume aquí las líneas y ejes que toma la investigación en cuanto al rigor científico, para buscar resultados válidos, y que, en el caso de la investigación, asuma compromisos con una propuesta de solución alternativa para mejorar el hábitat de la población de la ciudad de Tacna, con la mitigación ambiental en el reciclado de los residuos plásticos PET a partir del uso adicional en mezclas de concreto.

En el Capítulo V se desarrolla el nivel de los resultados en las variables de estudio, como son los niveles de segregación de residuos y sus volúmenes, y sus grados de impacto en el medio ambiente luego de aplicar la matriz de su valoración; los otros resultados se refieren a las pruebas físico mecánicas de las 69 muestras cilíndricas de concreto, y su comparación con parámetros de la normatividad peruana, y finalmente se exponen los resultados de los grados de mitigación que se lograron, luego de ver la factibilidad de usar el PET en mezclas de concreto y su aplicación en la fabricación alternativa de bloques de concreto de 0,08 x 0,10 x 0,20 m, e instalados en un módulo básico de vivienda, para determinar su cuantificación de plástico por m², o por área techada.

En el Capítulo VI se analiza la discusión de resultados, y su comparación con los de otras investigaciones, tanto a nivel de resultados ambientales, como en la dosificación de mezclas y grados de mitigación propuestos.

Finalmente, se exponen las conclusiones en función de los objetivos y de las hipótesis, luego se presentan las respectivas recomendaciones, así como la exposición de las referencias bibliográficas citadas y estudiadas, Se concluye con los anexos en donde se muestran las tablas, figuras y registros fotográficos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El problema central de la presente investigación se basa y focaliza en la urgente necesidad de plantear alternativas de mitigación ambiental, compatibles con la política ambiental basada en la constitución política del Perú y normativas de los sectores ministeriales del MINAM, VIVIENDA y MTC, sobre todo, la concordancia con las políticas de gobiernos provinciales y locales, para ello se identifica las acciones a nivel de antecedentes y de la problemática de la investigación en sí.

1.1.1. Antecedentes del problema

Este problema de contaminación ambiental y visual deteriora el paisaje urbano; y se observa en los espacios abiertos de la ciudad de Tacna con la sobre exposición de estos residuos, igualmente no se tienen planes y proyectos en cuanto al reciclaje, reúso y reutilización de residuos plásticos en la ciudad a nivel formalizado y que ello signifique aprovechar esa fase posterior con un valor agregado como componente en dosificaciones, como es el caso de mezclas para elaborar bloques de concreto, y con ello mitigar el impacto negativo de los residuos. Se ha observado en la ciudad de Tacna que no han desarrollado experiencias reales en cuanto a la fabricación de bloques con mezclas de concreto que contengan residuos PET.

El MINAM, como ente rector en lo que significa los asuntos ambientales y la preservación de los ecosistemas, norma según D.S. N° 009-2009-MINAM, en el artículo 4°, sobre segregación y reciclado de residuos sólidos, que a nivel del sector público se implementen las operaciones de segregación en la fuente, con

residuos similares, dentro de los cuales se tienen: papeles, cartones, plásticos, metales, cartuchos de tinta, vidrios entre otros, y que luego se entregue dichos residuos seleccionados a empresas recicladoras formalizadas ante el MINAM. Esto complementará las medidas de ecoeficiencia que promueve dicha norma. Los resultados de estos procesos, y donde la investigación se inserta en la oferta de insumos PET para usar en mezclas de concreto, no tienen la difusión o los resultados compartidos en cuanto a investigaciones o su difusión pública de ser el caso.

Igualmente, el MINAM, en su informe, “Diagnóstico de los Residuos Sólidos en el Perú”, en el año 2013, expone los objetivos sobre generación, composición y manejo de los residuos sólidos municipales (RSM), a nivel nacional, que posteriormente aportará datos al estudio del efecto invernadero. (MINAM, 2013)

No se tiene en las estadísticas del INEI, los grados de consumo, comercialización o volúmenes generados de los residuos PET, lo que sí se ha encontrado en forma de información directa, es que las dos distribuidoras de botellas PET en Tacna, tienen desde el 2016, un promedio anual de 18 millones de unidades de botellas.

En cuanto a antecedentes en la dosificación de mezclas y fabricación de bloques de concreto utilizando dichos residuos en la ciudad de Tacna, no se tiene información cierta y formalizada, y sólo se tiene la referencia de la fabricación de bloques artesanales, las cuales no cumplen con lo normado en los parámetros técnicos del Perú para dicha fabricación y calidad del producto.

En lo que respecta al PET, aunque este no es un plástico que cumpla con las características que se requieren en la elaboración de productos varios, tiene importancia y relevancia para implementar programas de reciclaje y se han creado ya varias asociaciones que lo promueven, dicho material da un contexto importante, de los caminos que se deben seguir para consolidar programas de recolección y venta del mismo en Puebla (Siliceo, 2004, p.3), y se observa con

ello que referencialmente sería factible implementar en la ciudad de Tacna con los siguientes beneficios ambientales y de carácter social, por lo cual se tomará ello como base dicha experiencia investigativa.

A nivel del Perú, de las lecturas bibliográficas, se tiene aproximadamente 500 empresas que hacen reciclaje del plástico, pero con un objetivo más en lo económico que en lo ambiental, teniéndose un aproximado del 70 % de empresas dedicadas al triturado del plástico y un 30 % aproximadamente a reutilizar los insumos plástico para nuevos productos finales. La Sociedad Nacional de Industrias encontró dificultad en tener datos reales sobre segregación y destino final del plástico, mas expone un reporte de aduanas de 1997, que identifica la facilidad de poder segregar los desechos plásticos de los rellenos sanitarios, camiones y puntos de acopio.

A nivel latinoamericano, se tienen las experiencias de México y Argentina, sobre la inclusión en la elaboración de mezclas de concreto, de residuos PET, e inclusive han conseguido tener normas técnicas para fabricación de bloques de concreto con PET; en el Brasil se tiene investigaciones con fabricación de bloques de concreto utilizando residuos PET, y tienen muy bien llevado el tema de segregación y reciclado de residuos plásticos.

1.1.2. Problemática de la investigación

La investigación asume dentro de su problemática central un reto en cuanto a dimensionar la oferta formalizada que garantice que el destino final de los residuos plásticos del PET en Tacna, no sea atentatorio contra el medio ambiente, y por ende al hábitat; es donde la investigación toma el objetivo supremo de cuidar la vida del conglomerado humano, desde el ángulo ambiental de los residuos plásticos, planteando alternativas de mitigación factibles.

En el caso de la presente investigación instalando la problemática en ese contexto, el objeto de la misma tendría un sentido social, porque al final es el ser

humano, y en el caso el poblador de Tacna, que con casi sus 300 000 habitantes, llegan a consumir al mes aproximadamente el 50 % de los contenidos en envases plásticos PET, subiendo este consumo en los meses de verano; ante ello la obtención de información para cuantificar la oferta de PET reciclado, para darle sostenibilidad a la obtención de insumos adicionarlos en las mezclas de concreto propuestas, y con ello mitigar su impacto negativo ambiental.

Ante esta exposición, la investigación afrontó el problema de no contar con estadísticas actualizadas sobre volúmenes reciclados de PET, por parte de los organismos públicos y privados, como la municipalidad provincial de Tacna y empresas de reciclaje; sumado a ello, se tiene como primera dificultad la compra de PET triturado en escamas y de determinada granulometría en dichas empresas, que no mostraron predisposición a la venta de lo indicado, y segundo, la falta de equipos de precisión y actualizados con tecnologías de punta para pruebas complementarias en laboratorios.

Esta problemática expuesta en la investigación, motiva plantear alternativas colegiadas para que el plástico, que está generando una crisis inmanejable en el planeta, ocasione a continuar con pesquisas e investigaciones similares, y demostrar como en la investigación presente, que, sí es factible darle una segunda oportunidad al PET, antes que genere contaminación.

De las bases teóricas estudiadas, en el Perú se tiene aproximadamente más de 22 000 toneladas de residuos sólidos por día, de ellas menos del 17 % tiene destino en rellenos o botaderos sanitarios, siendo el porcentaje restante, sobre expuesto en espacios públicos atentando contra la salud, la biodiversidad y el paisaje urbano rural de territorio nacional.

1.2. Formulación del problema

Dentro de los avances tecnológicos, la industria petroquímica es una de las más adelantadas y de alta producción en el mundo y con proyecciones de

expansión; la presencia de residuos plásticos en todo el mundo en estos últimos años, ha tomado dimensiones muchas veces, inmanejables en relación a mitigar sus impactos negativos, por cuanto a su presencia y procesos para su depuración del medio. A estos residuos se les considera como un contaminante residual, y cuya sobre exposición ha llenado los cuerpos de agua diversos, sobre todo en ríos y en el mar, generando el consumo en el ecosistema hidrobiológico, estos plásticos llamados polímeros o también conocido como tereftalato de polietileno (PET), se utilizan como envases para bebidas, aceites, detergentes, licores entre otros, desde 1977 a la fecha, y que tiene ventajas relativas ante otros materiales que cumplirían la misma función, como su fácil traslado, poco peso, fácil distribución, diseños llamativos y que atraen la atención en los mercados de consumo, embalajes prácticos y fáciles, entre otras ventajas.

En el caso del Perú, en los últimos años los materiales termoplásticos y el PVC de procedencia industrial y de post-consumo en las ciudades han sido reciclados, mas no se tiene una planta petroquímica y son más de 500 compañías dedicadas al proceso del reciclaje (Velarde & Pérez, 1998, p. 1). Relacionando ello a la fecha, en la ciudad de Tacna se utiliza estos recipientes plásticos PET principalmente en el consumo de bebidas y detergentes, mas luego de su uso para el cual fue fabricado, no tiene un manejo adecuado en su disposición final, siendo altamente tóxico cuando es quemado, o atentando contra la salud y el paisaje urbano rural de la ciudad, por ello, el tema central de la investigación se centra en qué opción ambiental se puede tener para reutilizar dicho residuo y que favorezca al poblador de la ciudad de Tacna en su calidad de vida y que dicha reutilización posibilite sustituir materiales constructivos tradicionales relativamente más costosos respecto a adicionar plástico molido adicionado al cemento para formar bloques de concreto y usarlos en mampostería, aplicadas en viviendas de interés social sobre todo. En Tacna tiene avances en el tema de Segregación de Residuos y su destino final, siendo uno de los residuos segregados el de los plásticos PET y además cabe señalar que en el presente año se ha implementado el programa RECICLA mediante el Convenio Municipalidad Provincial de Tacna – Consejo Nacional del Ambiente –

Dirección Regional de Educación – Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y la ONG CICADEH, el cual se aplicará en diversos colegios, con el objetivo de propiciar la protección del medio ambiente, aplicando los principios de Reducir, Rehusar y Reciclar. (PIGARS Tacna, 2004, p.51)

El tema de Gestión Ambiental es inherente a la temática, más para ello en el mundo de las organizaciones está cada vez más interesada en alcanzar una sólida actuación ambiental, y en compromiso con la sociedad según sus módulos sociales, y con el fin de controlar el impacto de sus actividades, productos y servicios sobre el ambiente, teniendo en cuenta políticas y objetivos ambientales (Pérez y Valderrama, 2016, p.6), y en el caso de la investigación, uno de los impactos de las actividades es el alto consumo de envases de plásticos PET en los centros urbanos y también rurales, con diferentes contenidos.

Ante ello con la formulación de mezclas con residuos PET, una opción es complementar el estudio, con la prueba en bloques de concreto, y represente una forma que mitigue en parte la sobre exposición de los residuos plásticos en el medio ambiente, y en razón que cada año crece la industria del plástico como el caso de México con el 7 % de crecimiento anual, y verificando un consumo per cápita de 50 kg por persona al año, o como es el caso de Alemania y Japón que generan 200 kg por persona anualmente (Aguilar, 2011, p.11); aquí se demuestra que sí es factible incluir en las dosificaciones de mezclas para elaborar bloques de concreto, utilizar residuos PET, es decir, darle una segunda oportunidad a dicho residuo y que ayude a reducir la contaminación ambiental consiguiente.

1.2.1. Formulación del problema principal

¿El uso adecuado de residuos plásticos de PET, en la dosificación de mezclas para fabricación de concretos, mitigará su impacto ambiental en la ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el grado de impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna?
- b) ¿Qué proporción de residuos plásticos PET en la dosificación de mezclas de concreto, logrará una adecuada resistencia en concretos?
- c) ¿El impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, se mitiga con su uso en la dosificación de mezclas para fabricación de concretos?

1.3. Justificación e importancia

El manejo de los residuos plásticos PET no representa actualmente en la ciudad de Tacna un éxito en cuanto a su manejo de disposición final o su reciclado en otros productos asociados a dichos residuos, y como es conocido estos desechos además de no ser reutilizados o reciclados o reducidos, tomando en relación con las tres erres (3R) que significan Reducir, Reciclar y Reutilizar, como la regla de la ecología para el tratamiento de los residuos urbanos.

El otro tema de fundamentación son los valores agregados generados por objetivos en el estudio como: Mejorar la estética urbana y rural, abaratamiento y seguridad en las construcciones de la ciudad, mitigación de los impactos ambientales negativos por la sobre exposición de residuos PET, generar nuevas fuentes de trabajo en la ciudad y generar la cultura de nuevo uso del residuo plástico por la segregación planificada en la ciudad de Tacna y que mitigue el impacto.

El nuevo uso propuesto de los residuos plásticos PET, es una manera de ayudar a reducir la contaminación ambiental y aportar una alternativa eco ambiental en un segundo uso con previa trituración de vasos y botellas

descartables, y ser un componente en la dosificación de mezclas de concreto para la fabricación de bloques y ser utilizados en la mampostería.

Otro fundamento básico del tema, es que la problemática identificada, es decir la sobre exposición de los residuos plásticos PET, impacta en varios escenarios o que altera ecosistemas; los factores impactados en el Medio Natural impactado en: La atmosfera, tierra y suelo, agua, flora, fauna, medio perceptual, por los procesos de vertederos e incineración de residuos sólidos (Conesa, 1997, p.175).

Apoyados en experiencias de otras investigaciones, se ve la factibilidad de tener la alternativa aplicada en un estudio sobre la problemática generada en la ciudad de Tacna, en el manejo de los residuos PET por los órganos de gestión; por ello, elevar esta investigación al contexto propositivo académico, significa un fundamento válido, y más aún, si no se tiene en la región una propuesta formalizada para el uso de residuos PET en mezclas de concreto.

Los materias primas tradicionales para la construcción civil como el cobre y el zinc, por ejemplo, tienen reservas para 60 años, entre otros, entonces es necesario el desarrollo de alternativas que sustituir algunos otros materiales o dar espacio tecnológico para su reutilización en la industria de la construcción civil, envases post-consumo de PET, son cada vez más frecuentes en la composición de la basura urbana y descartadas indebidamente en el medio ambiente, motivando las opciones de mitigación ambiental negativa, y evitar en parte que se siga causando daños a la estructura de saneamiento urbano, se plantea la necesidad de un reaprovechamiento de estos envases (Pietrobelli, 2010, p. 15).

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Los alcances de la tesis son que a partir de la información formalizada en la municipalidad provincial de Tacna, de los últimos tres años pasados, es decir 2016, 2017 y 2018, se tiene como meta, la demostración que con el diseño de una mezcla básica en los concretos no estructurales y sin armadura, se pueden fabricar especímenes y bloques de concreto con adición de plástico PET y en sustitución de agregados de arena, según tres tipos de porcentajes, y guardando los parámetros mínimos que exige la normatividad vigente.

Con ello la meta consiguiente es poder mitigar, previamente con adecuados niveles de gestión en segregación de residuos en Tacna, el impacto ambiental negativo del plástico, con la fabricación de bloque concreto con dichos residuos de PET.

1.4.2. Limitaciones

Dentro de las múltiples limitaciones concurrentes al estudio se desagregan las siguientes principales:

En cuanto a la obtención de la información, se solicitó documentalmente a la Municipalidad Provincial de Tacna, información de los niveles de gestión, datos estadísticos en recolección, segregación y destino final de los residuos urbanos, obteniendo parcialmente en volúmenes segregados y comercializados del 2016, 2017 y 2018, y la no continuidad de personal en las oficinas del “Programa de Segregación de Residuos Sólidos Domiciliarios”, no permitió obtener información digital y documental actualizada. Así mismo, recientemente se ha obtenido información del PIGARS 2014-2021, que fue aprobado en el 2014 por R.M. N° 008-2014: y que a la fecha tiene un proceso de aprobación por ordenanza municipal, sin embargo, se han tomado referencias para el dimensionamiento de la mitigación propuesta.

Igualmente se solicitó documentalmente a las empresas privadas que distribuyen bebidas en envase de PET, mas solo se tuvo información muy general sobre ventas y volúmenes de ventas por mes, y donde también informaron que dicha información no se alcanzaba en el nivel solicitado por ser reservada.

En el Instituto Nacional de Estadística (INEI), informaron que no se cuenta con esa información detallada sobre residuos sólidos y de plástico en la ciudad de Tacna.

Las limitaciones de orden tecnológico fueron en el sentido que en la ciudad no se cuenta con laboratorios de vibro compresión para pruebas de especímenes de concreto, y para pruebas complementarias de los mismos en acústica, niveles térmicos, entre otras, y falta de accesorios para las pruebas de compresión de bloques prismáticos.

En cuanto a la adquisición de materiales, extraídos en la cantera del sector Arunta, donde no se tuvo en los bancos de dicha cantera, los tamaños requeridos por granulometría, por ello se tuvo que acopiar en su forma preseleccionada, y el resto se tuvo que comprar en bolsas expendidos en locales comerciales para sus pruebas en laboratorio.

En relación a los residuos plásticos de PET, y al no contar con maquinaria para triturar las botellas y residuos plásticos como vasos y envases; se tuvo que comprar por kilogramos plástico triturado en primera instancia en la ciudad de Arequipa, y sin tamizar en sus tamaños comprados a granel; dicho residuo, al ser usado en las primeras dosificaciones, no se obtuvo buenos resultados, por lo que se procuró su compra en centros de reciclaje en la ciudad, encontrando dificultad para su compra por dichas empresas, y que igualmente no tenían la granulometría aceptable, lo que significó una recargada labor la limpieza y tamizado y el excesivo gasto de agua para su limpieza.

Sobre las limitaciones en el rubro económico, limitaron en número de pruebas de mezclas por el alto costo de los materiales, su transporte y los pagos a personal de apoyo, así como los pagos diversas pruebas, en los laboratorios de la UNJBG y de nivel laboratorio privado.

Finalmente, el limitado acceso informático y documental a las normas ACI, ASTM y Normas Técnicas Peruanas, para obtener bases teórico normativas, y de aplicación a la investigación, además que no se tiene a nivel de Perú una norma técnica para el uso de plásticos en concretos, por ello las investigaciones son de índole experimental, exploratorio, cuasi experimental o descriptiva, según sea el caso.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Utilizar los residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, en una adecuada dosificación de mezclas para la fabricación de concretos, para mitigar su impacto ambiental en la ciudad de Tacna.

1.5.2. Objetivos específicos

- a)** Identificar el grado de impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna.
- b)** Determinar la proporción de residuos plásticos PET en la dosificación de mezclas, para lograr una adecuada resistencia en concretos.
- c)** Mitigar el impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, con su uso en la dosificación de mezclas para fabricación de concretos.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Con la utilización de residuos plásticos de PET, en la dosificación de mezclas para la fabricación de concretos, se mitiga su impacto ambiental en la ciudad de Tacna.

1.6.2. Hipótesis específicas

- a)** El grado de impacto ambiental de plásticos en la ciudad de Tacna, se determina con la generación de residuos plásticos PET.

- b)** Con una determinada proporción de residuos plásticos PET, en la dosificación de mezclas de concreto, se logra una adecuada resistencia en concretos.

- c)** El impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, se mitiga con su uso, en la dosificación de mezclas para fabricación de concretos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Si en verdad en la ciudad de Tacna, no se han encontrado experiencias reales en cuanto a experiencias en la dosificación de mezclas de concreto o en la fabricación de bloques con mezclas que contengan residuos PET, entonces la motivación de la problemática nace en observar que los expertos indican que los residuos PET demoran en degradarse unos 400 a 500 años, sea en medios acuáticos o terrestres, y este problema se observa en los espacios abiertos de ciudad de Tacna con la sobre exposición de estos residuos generando contaminación ambiental y visual, deteriorando el paisaje urbano; igualmente no se tienen planes y proyectos en cuanto al reciclaje y reutilización del residuo plástico en la ciudad a nivel formalizado y que ello signifique aprovechar en esa fase posterior, un valor agregado como componente en dosificaciones de mezclas de concretos, como es el caso de mezclas para elaborar briquetas para ensayos de resistencia y otros complementarios en bloques de concreto, y con ello mitigar el impacto negativo de los residuos.

No se tiene en las estadísticas del INEI, los grados de consumo, comercialización o volúmenes generados de los residuos PET, lo que, sí se ha encontrado en forma directa de los distribuidores principales en Tacna de Botellas PET en sus diferentes formatos, en los promedios anuales de ventas de los años 2016, 2017 y 2018, con 40 millones de unidades de botellas aproximadamente, según información general de distribuidores.

En cuanto a antecedentes en la dosificación de mezclas y fabricación de bloques de concreto, se tiene en la ciudad de Tacna la referencia de la fabricación de bloques artesanales, las cuales no cumplen con lo normado en los parámetros técnicos de la normatividad peruana por no tener una formalidad técnica, institucional y de supervisión para la fabricación y calidad del producto, más sí será tomada como referencia dicha actividad y producto.

En lo que respecta al PET, tiene importancia y relevancia para implementar programas de reciclaje y se han creado ya varias asociaciones que, bajo la orientación y asesoría de la Municipalidad de Tacna, es que se promueve que dicho material está permitiendo consolidar programas de recolección.

En el estudio “Reciclaje de Desechos Plásticos en el Perú” (Velarde & Pérez,1998), indican que, en el Perú, en los últimos años los materiales termoplásticos y el PVC de procedencia industrial y de post-consumo en las ciudades han sido reciclados, mas no se tiene una planta petroquímica y una falta de verdadero control del medio ambiente, lo cual ha permitido que se tengan más de 500 compañías dedicadas al proceso del reciclaje plástico pero solo con interés económico y no de carácter ambientalista. De estas compañías, el 75 % se dedican al molido de plásticos y el otro 25 % utilizan esta materia prima para la fabricación de productos finales como son: baldes, galoneras, tuberías, calzado, etc.

Dentro de la formalidad y legalidad, la Sociedad Nacional de Industrias no tiene a ninguna de estas empresas afiliadas, esto se debe a la dificultad de poder obtener de ellas, alguna información real y que pueda ser comprobada. Se ha usado el reporte de aduanas de 1997 para poder determinar aproximadamente la cantidad de materiales plásticos que estarían siendo reciclados en el Perú. Este reporte, muestra que la importación de resinas y productos plásticos fueron de 250 832 toneladas métricas para el año; este porcentaje de eficiencia se debe a la facilidad de poder segregar los desechos plásticos de los rellenos sanitarios, camiones y puntos de acopio.

Esta normativa, en relación a la recolección de residuos urbanos, estima en su diagnóstico del año 2002, que se tuvo un volumen de residuos sólidos municipales a nivel nacional de 12 986 t/día, equivalente a 4,74 millones de toneladas anuales; de este total, más solamente el 73,7 % era recolectado por los servicios municipales, y el 19,7 % del total, se disponía en rellenos sanitarios; este dimensionamiento llevó a dicho sector a aprobar el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES). (MINAM, 2013)

Según el Banco Mundial, al 2014 se observaron resultados concretos a nivel nacional, donde se tuvo una generación de 7,5 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, y de los cuales, menos del 50 % fueron a destinos finales de rellenos sanitarios, pero se ve que aún la población está expuesta a los riesgos ambientales, por ello se estableció lineamientos, estrategias y actividades con el objetivo de mejorar las condiciones de la gestión y manejo de residuos sólidos a nivel nacional en el periodo 2005-2014. Los costos de degradación ambiental estimadas por el Banco Mundial para el Perú, expuestos en el plan, se observan en la Figura 1, y están relacionados al PBI. (MINAM, 2015).

En la ciudad de Tacna, las familias a nivel de sus hogares, generan la mayor cantidad de residuos sólidos, y ante una inadecuada disposición en su proceso de segregación y punto final, generan impacto visual y ambiental en calles, parques y espacios públicos (Tejada, 2010).

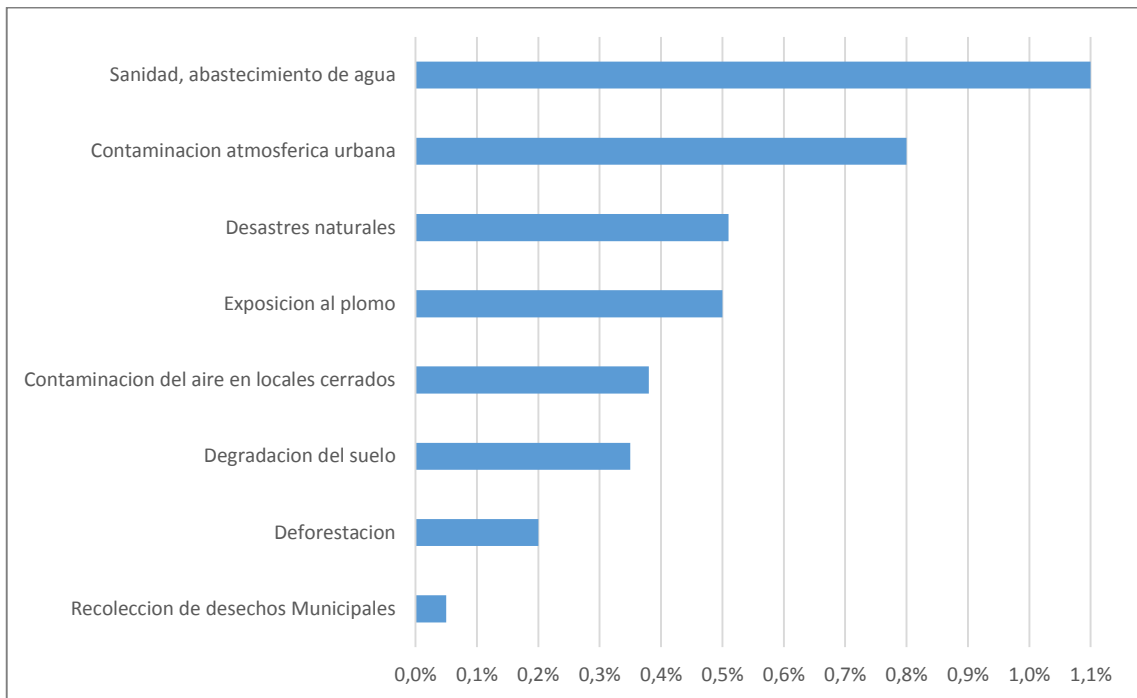


Figura 1. Costo de degradación ambiental anual (% del PBI)

Fuente: (MINAM, 2015).

Para el logro de los objetivos, el MINAM, a través del PLANRES, ha centrado sus apoyos a los gobiernos locales, en los programas de segregación en fuente y van incorporando recicladores en las rutas de recolección de residuos sólidos haciendo de la responsabilidad una acción compartida entre el Estado, empresa privada y sociedad, esta última experiencia se está aplicando en la ciudad de Tacna por los municipios de la Provincia de Tacna, sobre todo. (PLANRES 2016-2024)

Desde el año 2011, el MINAM viene promoviendo la implementación de programas de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en 250 gobiernos locales consideradas ciudades principales tipo A y B y del tipo C, desde el año 2013 en 564 gobiernos locales considerados ciudades no principales con 500 o más viviendas urbanas, y que comprende además la asistencia técnica y el acompañamiento a los gobiernos locales participantes por parte del sector. (MINAM, 2015)

Estos logros se visualizan en la Figura 2, que expresa un crecimiento progresivo en el cumplimiento de los objetivos del PLANRES y de los programas específicos del 2011 al 2015. (PLANRES 2016-2024).

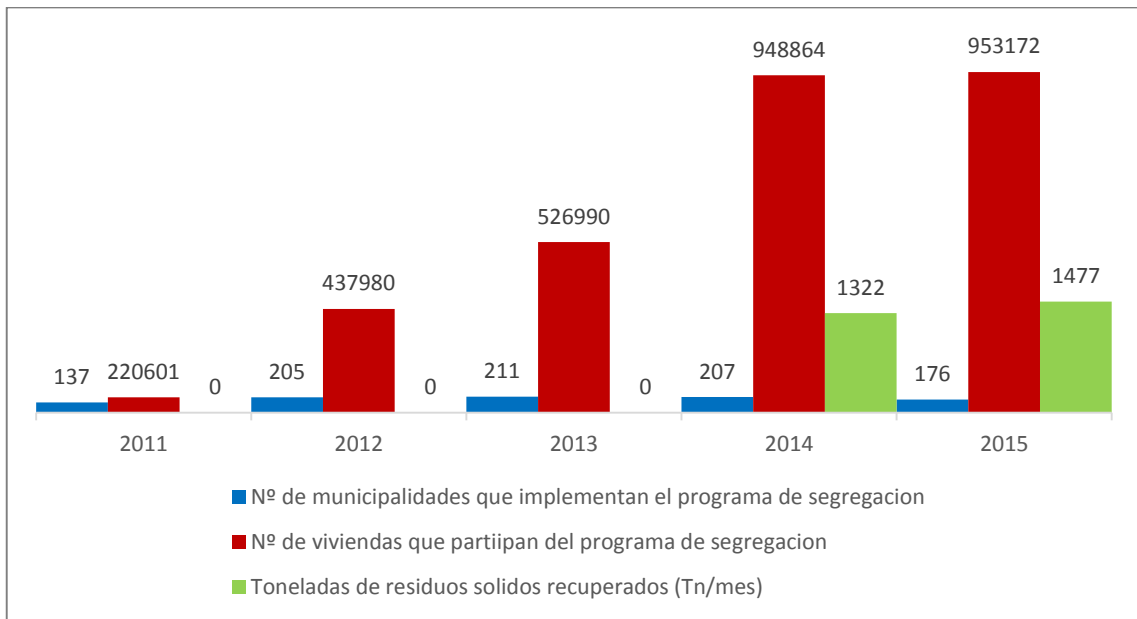


Figura 2. Logros en la implementación de Programas de Segregación en la fuente y recolección selectiva, años 2011 al 2015.

Fuente: (MINAM, 2013).

El programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos de la presente meta, promueve la recuperación de material aprovechable de composición inorgánica (PET, vidrio, aluminio, entre otros). Los únicos residuos de carácter orgánico considerados en el cumplimiento de la meta son el papel, cartón y similares.

Este antecedente, sobre la recolección de residuos, expone que sólo 21 ciudades en el Perú tienen proyectos para instalaciones que guardan los requisitos de rellenos sanitarios o proyectados como es el caso de Tacna, donde existe a la fecha sólo un Botadero Municipal, y es el final dentro de los residuos urbanos, los residuos plásticos PET. Estos proyectos se localizan en las ciudades indicadas en la Figura 3.

| REGION | Nº DE PROYECTOS | POBLACION BENEFICIARIA |
|---------------|-----------------|------------------------|
| AMAZONAS | 2 | 63 997 |
| ANCASH | 1 | 135 411 |
| APURIMAC | 3 | 145 008 |
| AREQUIPA | 1 | 920 791 |
| AYACUCHO | 7 | 298 282 |
| CUSCO | 2 | 32 241 |
| HUANCAVELICA | 1 | 10 880 |
| HUANUCO | 4 | 234 057 |
| ICA | 2 | 207 895 |
| JUNIN | 4 | 111 989 |
| LAMBAYEQUE | 2 | 326 630 |
| LIMA | 2 | 228 419 |
| LORETO | 1 | 103 559 |
| MADRE DE DIOS | 1 | 81 594 |
| PASCO | 2 | 23 025 |
| PIURA | 5 | 885 244 |
| PUNO | 4 | 501 462 |
| SAN MARTIN | 3 | 277 785 |
| TACNA | 1 | 288 101 |
| TUMBES | 3 | 181 882 |
| UCAYALI | 2 | 328 593 |
| TOTAL | 53 | 5 386 850 |



Figura 3. Localización de ciudades con proyectos para rellenos sanitarios

Fuente: (MINAM, 2013).

El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos- PLANERS (MINAM, 2013), se inserta en el marco de la Política Nacional del Ambiente, los ejes Estratégicos de la Gestión Ambiental y los instrumentos de planificación ambiental referidos a la gestión de residuos sólidos municipales y no municipales, siendo el más relevante, el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA, 2011– 2021), y orienta sus logros a llegar a las metas en términos de infraestructura, equipamiento, siendo el desarrollo de capacidades, clave para el manejo y disposición final de los residuos del ámbito municipal.

El tema se asocia al caso de Tacna en razón que el PLANRES 2016-2024, a través de sus diversas acciones y objetivos coadyuvará a alcanzar principalmente los siguientes objetivos:

- a) Objetivo 3 - Salud y bienestar: Mediante una mejora en la gestión de residuos sólidos municipales y no municipales; en particular con la inversión en infraestructura para tratamiento y disposición final, se podrá reducir el índice de enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.

- b) Objetivo 11 - Ciudades y comunidades sostenibles: Mediante la mejora de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional se permitirá la reducción del impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades.

En el estudio sobre la "influencia del uso de fibras de polipropileno FIBROMAC en la resistencia a la compresión del concreto" (Zamora, 2014), relaciona el tema con el uso diverso de los polímeros, y resalta la importancia de la investigación y aplicación de tecnologías y materiales de construcción, dirigidos a su asociación en dosificaciones de mezclas para el concreto, y lograr para el caso, resistencias de 210 kg/cm².

Si en verdad el tema no tiene en su objetivo principal la mitigación de un impacto ambiental de dichos polímeros, entonces él mismo marca una pauta sobre los procesos en la dosificación de mezclas y los porcentajes de estos en el orden de: 0,3; 0,7 y 1,0 % con relación al peso del cemento y ver luego de las roturas de probetas y su relación de su resistencia con dichos porcentajes y días de curado y fraguado de concretos, concluyendo que con el 0,3 %, utilizados de dicho polímetro, se observa un ligero incremento en la resistencia a compresión. (Zamora, 2014).

En la investigación de "Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado" (Echeverría, 2017), tiene como objetivo principal determinar las propiedades físico mecánicas, de ladrillo de concreto con adición de escamas de plástico PET reciclado, y su compatibilidad normativa con el Reglamento Nacional de Edificaciones, definidas en la norma técnica E.070, aplicando proporciones crecientes en la dosificación de la mezcla con la sustitución en porcentajes pre

establecidos de hojuelas de PET, y conseguir un ladrillo acorde a la clase IV estipulado en dicha norma.

Los porcentajes crecientes aplicados en dicho estudio van del 0, 3, 6 y 9 % resultando cuatro tipos de ladrillos en los ensayos a los 28 días, dando resultantes, que van desde los 161,96 kg/cm² hasta los 110,46 kg/cm², respectivamente; así este estudio concluye que la adición de hojuelas de PET al concreto de ladrillos, no mejoran las propiedades mecánicas de los mismos, y por ende su resistencia en relación a la mezcla patrón o base, más sí logran cumplir con lo establecido en la norma E.070. (Echeverría, 2017).

En el estudio “Comportamiento del Concreto Incorporando PET Reciclado” (Morales, 2016). La presente investigación tiene como objeto determinar qué significa la adición de PET reciclado en la sustitución de agregado grueso, respecto a una muestra patrón; la investigación aplicó TABLAS del Comité ACI-211-1-91, y la metodología del agregado global, estudiando las características de los agregados, y las relaciones de agua/cemento (A/C) y combinando con reemplazos de 5, 10 y 15 % de PET triturado en parte del agregado grueso sustituido por dicho plástico reciclado.

Las pruebas para ver las propiedades físicas, se realizaron en las mezclas tanto en estado fresco como endurecido, en el vaciado de morteros, probetas y vigas, y con los parámetros de la normatividad vigente, y demostrando además que conforme aumentó el porcentaje de PET, disminuía la resistencia y quedaba un concreto más ligero, sobre todo cuando se hizo la sustitución del agregado con un 15 % de PET, por consiguiente cumplía para ser usado en componentes constructivos acordes a dichas resistencias resultantes. (Morales, 2016).

En la investigación “Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo” (Reyna, 2016), se combinan resultados de obtener concretos con adición de residuos de PET, papel y bagazo de caña

de azúcar y obtener un concreto ecológico para la construcción de viviendas de bien social y de bajo costo, utilizando además cemento, agregados y agua en proporciones normalizadas.

La adición de los residuos se dieron en la sustitución de porcentajes en el agregado grueso, en proporciones del 5 % para el PET, y fabricar probetas de concreto cumpliendo la NTP 339.033, y teniendo ensayos a compresión al cumplir los 28 días de curado, según lo estipula la Norma ASTM C39, y de lo cual se verificó que la adición del PET al 5 % presentaba la mejor resistencia, mas también el estudio determina que al aumentar los porcentajes de plástico, disminuye las resistencias a la compresión. Finalmente, el estudio compara los costos unitarios del concreto simple y el concreto conteniendo residuos de plástico PET, y se determina un ahorro con la incorporación de plástico PET en el concreto, además del beneficio ambiental. (Reyna, 2016).

El autor Reyna, (2016), confirma que para verificar la incidencia del plástico en las mezclas la relación agua cemento y el agregado grueso (grava) permanecieron constantes, y que si la adición de agregados plásticos modificaron las propiedades físicas y las relacionadas con la resistencia del concreto producido y que la resistencia a la compresión, tracción y flexión de las muestras subió, cuando el 5 % de los agregados finos del concreto, fueron sustituidos y reemplazados por el mismo porcentaje de residuos PET, y con ello concluye que reutilizar el plástico es una acción, por sí misma, medio ambientalmente responsable.

En la investigación “Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto convencional $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, y el concreto con material reciclado polietileno tereftalato (PET) en la ciudad de Jaén-Cajamarca” (Peralta, 2014) se expone sobre el asentamiento (slump) del concreto, el cual define el estado de fluidez o plasticidad en concreto fresco, y depende de factores como: cantidad de agua en mezclado, granulometría y forma de los agregados, entre otros; en dicha investigación se usa el método del cono de Abrams, para medir la

consistencia a través del control del asentamiento. Los promedios de dichos asentamientos en los concretos de pruebas se observan en la Tabla I.

En dicha investigación, el peso unitario resultante por concreto convencional de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, y los resultantes con adición de PET, en kg/cm^3 varía en razón que a mayor sea la cantidad de PET en las mezclas de concreto, se obtiene un menor peso unitario con respecto al concreto convencional. Los promedios de asentamientos según el diseño y según el peso unitario se expone en la Tabla I. (Peralta, 2014).

Tabla I

Resultado de peso unitario de concreto PET y $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

| Diseño | PU(kg/m^3) | SLUMP(Pulg) |
|---|---------------------------------------|--------------------|
| $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 2 352,05 | 4,0 |
| $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15 \% \text{ PET}$ | 2 276,24 | 3,0 |
| $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ PET}$ | 2 200,43 | 2,5 |
| $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 45 \% \text{ PET}$ | 2 124,75 | 1,5 |

Fuente: Peralta, 2014.

Para Laura (2008), si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de lo observado en la Tabla II. (Zamora, 2014)

Tabla II

Consistencia, asentamiento y trabajabilidad de especímenes de concreto.

| Consistencia | Asentamiento | Trabajabilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Seca | 0" a 2" | Poco trabajable |
| Plástica | 3" a 4" | Trabajable |
| Húmeda | $\geq 5"$ | Muy Trabajable |

Fuente: Zamora, 2014.

En la tesis “El plástico reciclado como elemento constructor de la Vivienda” (Aguirre, 2013), sintetiza que el plástico luego de su uso genera alta contaminación y es de lenta degradación, y por ello plantea que su uso en elementos constructivos es una alternativa para cuidar el medio ambiente. Un tema central de la investigación es la arquitectura reciclable, y luego de realizar pruebas en laboratorio con diversas dosificaciones, se concluyó que con porcentajes de PET que sustituyen el peso del agregado grueso, o en proporciones de volumen con respecto al resto de materiales y que se observan en la Tabla III, donde los resultados de las pruebas en probetas de 15 x 30 cm y de 10 x 20 cm, dan resistencias diferenciadas según el área de contacto y la diferente proporción con respecto al PET, y se observa igualmente que la mezcla de cemento y PET, dan las más bajas resistencias como es el caso de 55,48 kg/cm². (Aguirre, 2013).

Tabla III
Dosificación de mezclas por volumen y resistencias (kg/cm²).

CUADRO N°8
RESISTENCIA DEL MORTERO CON PLÁSTICO FINO LIMPIO_ DOSIFICACIÓN SEGÚN VOLÚMEN

| Nº | DOSIFICACIÓN | DIÁMETRO (cm) | RADIO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm ²) | RESISTENCIA (KN) | RESISTENCIA (kg/cm ²) |
|----|------------------------------------|---------------|------------|-------------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 | 1 Cemento - 2 plástico fino limpio | 9.86 | 4.93 | 19.45 | 755.18 | 41.9 | 55.48 |
| 2 | 1 Cemento - 2 plástico fino limpio | 9.74 | 4.87 | 19.68 | 751.21 | 44.4 | 59.10 |

ELABORACIÓN:Diego Fabricio Aguirre Villacís
FUENTE:Diego Fabricio Aguirre Villacís

CUADRO N°9
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN CON PLÁSTICO FINO LIMPIO_ DOSIFICACIÓN SEGÚN VOLÚMEN

| Nº | DOSIFICACIÓN | DIÁMETRO (cm) | RADIO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (cm ²) | RESISTENCIA (KN) | RESISTENCIA (kg/cm ²) |
|----|--|---------------|------------|-------------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 | 1 Cemento - 2 arena – 2 plástico fino limpio | 15.19 | 7.60 | 29.38 | 1765.88 | 174.7 | 98.93 |
| 2 | 1 Cemento - 2 arena – 2 plástico fino limpio | 15.07 | 7.54 | 29.46 | 1752.88 | 162.5 | 92.70 |
| 3 | 1 Cemento - 2 arena – 1 grava - 1 plástico fino limpio | 9.77 | 4.89 | 19.53 | 750.30 | 52.5 | 69.97 |
| 4 | 1 Cemento - 2 arena – 1 grava - 1 plástico fino limpio | 9.86 | 4.93 | 19.72 | 763.56 | 44.7 | 58.54 |
| 5 | 1 Cemento - 2 arena – 1 grava - 1 plástico fino limpio | 9.83 | 4.92 | 19.67 | 760.16 | 49.2 | 64.72 |
| 6 | 1 Cemento - 2 grava – 2 plástico fino limpio | 9.78 | 4.89 | 19.71 | 755.83 | 46.7 | 61.79 |
| 7 | 1 Cemento - 2 grava – 2 plástico fino limpio | 9.72 | 4.86 | 19.76 | 751.80 | 61.6 | 81.94 |
| 8 | 1 Cemento - 2 grava – 2 plástico fino limpio | 9.76 | 4.88 | 19.57 | 749.68 | 56.3 | 75.10 |

ELABORACIÓN:Diego Fabricio Aguirre Villacís
FUENTE:Diego Fabricio Aguirre Villacís

Fuente: Aguirre, 2013.

Investigadores del CONICET de Argentina, exponen que el PET, es uno de los residuos más abundantes y uno de los que tarda más de 500 años en degradarse, y por ello vieron que su reciclado era algo lógico, y se ha patentado el proceso de utilización del residuo PET para la fabricación de ladrillos para la construcción.(CONICET, 2015)

El proceso en esta fabricación de dichos ladrillos da lo siguiente: Triturado de los plásticos, mezclarlos con cemento portland como aglomerante para dar cohesión a la mezcla y un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas de plástico. Esta mezcla se moldea en formas prismáticas como si fuese una pieza de hormigón prefabricada y luego se deja para el fraguado; dichos especímenes materializados se muestran en la Figura 4. (CONICET, 2015)



Figura 4. Ladrillos con residuos PET (Córdoba, Argentina)

Fuente: (Ciencia & Cemento, 2015).

La investigación expone que un ladrillo PET se fabrica reutilizando 20 botellas, lo que explica que se mitiga con ello el impacto ambiental negativo de dicho plástico, y en la interrogante, ¿Como elemento constructivo qué ventajas aporta ante el ladrillo cerámico?, lo que tiene respuesta en: El ladrillo PET es un

buen aislante térmico que es cinco veces mayor que la de un ladrillo tradicional; se puede reducir el espesor de los muros y pasar de cerramientos de 30 a 15 cm; estos ladrillos son más livianos que los ladrillos convencionales, dado que si un ladrillo convencional pesa algo más de 2 kilogramos, el ladrillo PET pesa 1,4 kg. (CONICET, 2015)

En el estudio, “Avances y desafíos para el reciclaje inclusivo: evaluación de 12 ciudades de América Latina y el Caribe” (The Economist, Intelligence Unit, 2017), acerca del reciclado en el estudio sobre reciclaje inclusivo en 12 países de América Latina y el Caribe, se cita la referencia de la ciudad de Lima, capital del Perú, que es analizada en el estudio, que marca una referencia importante en la investigación referida a la ciudad de Tacna; en el contexto de indica en términos del reciclaje que São Paulo, Bogotá y Ciudad de Buenos Aires presentan mayor fortaleza en las organizaciones de recicladores, más las ciudades de Belice y San José aún les falta mucho tiempo para lograr fortalecer sus organizaciones para el reciclado.

Sobre el tema, se menciona a la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), que el reciclaje, recicladores y reciclaje inclusivo desarrollado en 12 ciudades, pretende promover el reconocimiento legal de los actores en el reciclado de residuos sólidos, en razón que el éxito de la investigación en estudio está en tener oferta de PET usados, para ser factible su reutilización en el uso de mezclas de concreto. (Abipet, 2016).

En el “Decimo Censo de Reciclaje de PET en el Brasil” (Abipet, 2016), se tienen estadísticas en cuanto a la evolución del reciclado de PET, el tema expuesto por la fundación ABIPET Brasil, que desde 1995 promueve la cultura del reciclado en Brasil, expone las diversas aplicaciones de los residuos de tereftalato de polietileno; en términos de estrategias la fundación desarrolló varios productos que utilizan PET reciclado en su fabricación.

Las demandas de compra de PET reciclado en el año 2016, dieron los siguientes porcentajes que se detallan en la Figura 5, y corresponden a: 10 % de PET granulado, 25 % fardos prensados de PET y 65 % en escamas de PET, y con tendencia a ir creciendo cada año. (Abipet, 2016).



Figura 5. Porcentajes de compra de Residuos PET, Brasil.

Fuente: (Abipet, 2016).

Según el estudio de Abipet (2016), el Brasil recolecta, recicla y utiliza dicho plástico reciclado PET, a nivel del interior de su país, con promociones de empleo laboral en el reciclado y productos consiguientes, pero además como dice la temática, a una colaboración efectiva con el medio ambiente. La evolución del reciclaje en Brasil ha ido en creciente evolución desde el año 2004 al 2015, donde más de 90 empresas recicladoras tienen ya 5 años o más en el tema, como se muestra en la Figura 6.

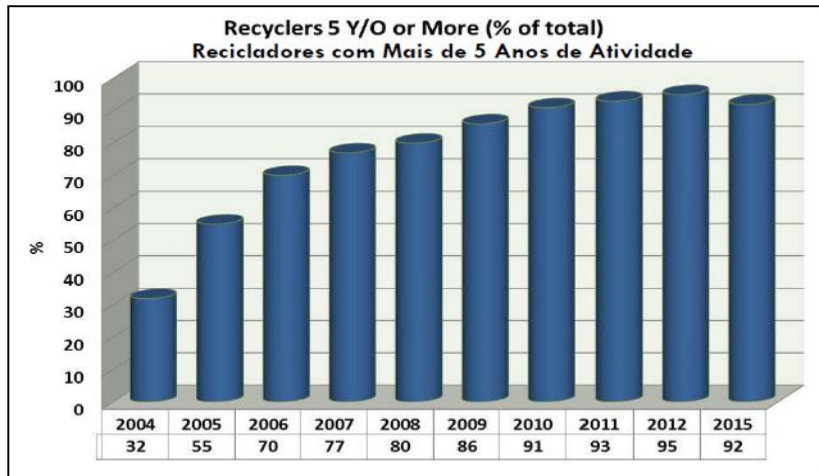


Figura 6. Porcentajes de Recicladores de Residuos PET

Fuente: (Abipet, 2016).

Igualmente en el estudio de Abipet (2016), luego de la labor de recuperación del residuo por los recicladores u otros sistemas de recolección las botellas y recipientes plásticos de PET son reprocesadas y convertidas en materia prima, siendo las escamas las de mayor preferencia para fabricar un nuevo producto o artículo que contenga el plástico reciclado, como son escobas, plásticos de embalaje, textiles sintéticos, entre otros como se muestran en los porcentajes de la Figura 7.

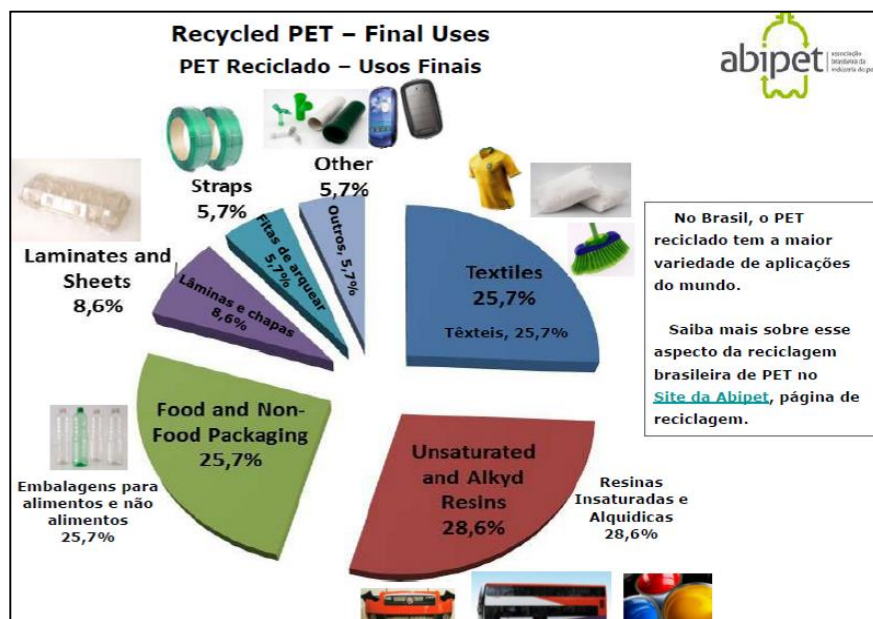


Figura 7. Porcentajes Productos producidos por Residuos PET.

Fuente: (Abipet, 2016).

En el Artículo de Beira do Rio (2016) “Pesquisa cria tijolos de garrafas PET para a construção de casas”, se publica una investigación desarrollada en el Departamento de Ingeniería Química, del Centro Tecnológico de la Universidad de Federal do Pará, por el graduado Neílton da Silva Tapajós, quien desarrolló su tesis referida al uso de residuos PET en la fabricación de ladrillos para la construcción civil, proponiendo con ello una nueva función a las botellas y a usarse en la construcción civil.

El ladrillo combinado con yeso, cemento, resinas, y pepa o carozo del assaí (del fruto de palmera tropical), pero el mejor resultado para el objetivo, se dio con el cemento; así, el proceso consistía en formar un mono bloque con tres botellas de plástico y que estaba envuelto por una capa de un centímetro y medio de cemento, dentro de una forma de madera, y luego de doce horas el cemento quedaba curado, resultando un ladrillo de buena apariencia con textura y aristas para encajar con otros. Este ladrillo resultante resultó más resistente con el mono bloque en su interior, y de un aspecto aceptable tal como se muestra en la Figura 8. (Beira do Rio, 2016).



Figura 8. Tijolos fabricados de PET

Fuente: (Beira do Rio, 2016).

El uso de las botellas PET, reducen los insumos y costos de construcción civil, y se rigen a los parámetros de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas, más por sus características, no pueden ser utilizados en muros estructurales o en vigas, y para su implementación o aplicación en muros, no se necesita mortero para el caso, en razón que los ladrillos tienen molduras para su encaje entre los mismo, y con un mínimo de argamasa se está reduciendo peso y cantidades de agregados y cemento, y por su aspecto liso, no precisaría de tarrajeo o revoques y podría recibir la pintura final. (Beira do Rio, 2016).

En la Investigación “Formulación de Mezcla para la Elaboración de Bloques Utilizando Material Reciclable PET (Tereftalato de Polietileno) Evaluando su Resistencia Bajo la Norma NMX-C-404-ONNCCE-2005”, (Aguilar, 2011), sustenta la problemática de los desechos a base de PET y su nivel alto de contaminación de los mismos, por lo que se plantea la tarea de innovar nuevos prototipos y medidas alternas para la reutilización de los mismos.

Se explica que las políticas mexicanas exigen el cumplimiento de normas, mas también dejan abierta la posibilidad de aplicar nuevas tecnologías, y ahí se da la diferencia entre reciclaje y reutilización del PET, siendo el primero un proceso para dar un nuevo uso de vida útil a este residuo. Es importante marcar que el estudio sustenta que con la elaboración del block a base de PET, es una forma de darles una segunda oportunidad a los materiales plásticos. (Aguilar, 2011).

Acerca de la resistencia los elementos fabricados con PET tiene una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero pueden solventar esfuerzos en tabiquerías y cerramientos similares así como los niveles de absorción de agua, los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de mampuestos tradicionales, así como responder aceptablemente ante las condiciones en la intemperie (lluvia, sol o vientos). (Aguilar, 2011).

El estudio de Aguilar (2011) concluye en que los productos con PET reciclados, logran cumplir los objetivos de: Abaratar costos en viviendas de interés social, genera nuevas fuentes de trabajo, mejorar la visión ecológica y motivar la auto-construcción, los productos obtenidos son más livianos que los tradicionales, mala conductividad térmica por lo que da una excelente aislación térmica, superior al de otros elementos tradicionales, aceptable resistencia mecánica para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente antisísmica, la absorción de agua es similar a la de otros cerramientos tradicionales, recibir revoques por su rugosidad superficial, resistencia al intemperismo en general, aceptar clavados y elementos empotrados. (Aguilar, 2011).

En el estudio, “Estudo de Viabilidade do PET Reciclado em Concreto sob aspecto da Resistência a Compressão” (Pietrobelli, 2010), el autor expone la problemática de la generación de residuos en las ciudades brasileñas y cuyos volúmenes están en relación a la escala poblacional de las mismas, y centra el diagnóstico que el uso de residuos en el sector construcción sería una buena opción para que el destino de los mismos no genere costos que aumenten el costo de disposición y tratamiento, afectando el medio ambiente de forma agresiva y sin control.

El estudio de Pietrobelli (2010) propone la evaluación del comportamiento del concreto con adición del residuos PET (tereftalato de polietileno), en diferentes niveles de adición del residuo de polietileno en diferentes composiciones del hormigón, y en su primera etapa del trabajo se realizaron ensayos de características de agregados del PET, en su granulometría, masa específica y masa unitaria; en una segunda etapa consiste en pruebas con diferentes porcentajes de polietileno, previa prueba del slump y luego la rotura de especímenes a los 7, 14 y 28 días, observando pérdida en la trabajabilidad y resistencia debido a la adición del plástico, y que afectan directamente los resultados del concreto producido.

La investigación realiza dos tipos de dosificaciones referenciales: una con ± 30 MPa y otra con ± 45 MPa, y luego para cada uno de ellos, sustituciones parciales de los agregados con residuos de PET en 15, 30 y 45 %. (Pietrobelli, 2010).

Una estadística importante es la que se expone en el estudio en cuanto a los materiales reciclados a nivel nacional en el Brasil, y donde el PET significa el 17 % del reciclado, tal como se muestra en la Figura 9. (Pietrobelli, 2010).



Figura 9. Porcentajes de Reciclaje de Materiales

Fuente: (Pietrobelli, 2010)

En el resumen de la investigación “Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas” (Flores, Rojas, Torres, Vallejos, Flores, Flores, 2014), se tiene como objetivo utilizar desechos plásticos PET (Tereftalato de Polietileno), procedente de envases descartables, en la dosificación y elaboración de morteros y mezclas para la fabricación de elementos constructivos como tejas, ladrillos con plástico.

Para el proceso, estos residuos se trituraron y luego se adicionaron a una mezcla con cemento, agregados y un aditivo químico, y luego se procedió con esta mezcla a fabricar ladrillos y tejas, las cuales presentaron menor peso

unitario, absorción aceptable y resistencias, acordes a las exigidas por normas, utilizando en cuanto al aditivo un fluidificante (Sika ff86), y se utilizó en la mezcla patrón con una parte de cemento por cuatro de áridos (1:4), y a ello, en sustitución al agregado grueso, se usó escamas de PET en diferentes porcentajes. (Flores, Rojas, Torres, Vallejos, Flores, Flores, 2014)

Igualmente en la investigación de Flores et al. (2014), y en cuanto a los resultados técnicos resultantes, se indica que los ladrillos fabricados con PET dan los siguientes resultados: en peso específico, de 1142 kg/m³, y de resistencia de 4 MPa (40 kg/cm²), y que según las normas bolivianas cumplían con las especificaciones mínimas. Finalmente, la investigación, indica las ventajas comparativas de los ladrillos y mezclas con PET, respecto a las mezclas tradicionales en cuanto a: tener un peso específico que es 15,5 % menor que el común, un coeficiente de conductividad térmica que es 80 % menor que el común, una resistencia a la compresión que es 50 % menor al común y un porcentaje de absorción de agua que es 11,5 % menor al común, cuyos parámetros serán referentes para la investigación.

El tema “¿Cuántas botellas de PET necesitas reciclar para ganar un salario mínimo? (El Financiero, 2018), publica sobre el reciclaje, y anota que el objeto es disminuir el impacto ambiental y la basura. Dentro de ello, México se unió a esta iniciativa en 1998, es el país que más produce residuos en el mundo, pero al mismo tiempo, es el que más recicla el PET en el mundo.

En México, cada día se generan alrededor de 120 mil toneladas de residuos en general. Al respecto, Juan Antonio Hernández, presidente de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC) opina que en dicho país el promedio de generación de 1 kg/persona, y un total de 43 millones 800 mil toneladas de residuos al año, lo que ubica a México entre los cinco países que generan más residuos en el mundo, más también ocupa el primer lugar en recolección y reciclaje de botellas de plástico en el mundo". (El Financiero, 2018).

En cuanto a las botellas de PET, éstas se reciclan en un 70 % de todas las botellas de este material que se consumen en el país cada año; en ese sentido la ANIPAC detalló que se necesitan 30 botellas de plástico de 600 mililitros (ml) para juntar un kilo de PET, y donde el pago a los recicladores es de 4 pesos. Según el estudio en el aspecto social, el tema del reciclaje significa una generación de empleo en las clases sociales bajas sobre todo de los recicladores quienes, para alcanzar un salario mínimo, deben acumular por día, 44 kilos de botellas PET. (El Financiero, 2018),

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Normatividad vigente

Ecoeficiencia: En el Perú se dispone que para lograr la ecoeficiencia en el sector público, las entidades deberán implementar las operaciones de segregación en fuente, a fin de agrupar residuos con características y propiedades similares, realizando como mínimo la segregación de: papeles, cartones, plásticos, cartuchos de tinta y toners de impresión, aluminio y otros metales, vidrios y otros a consideración de la entidad. (MINAM, 2009)).

Ley General del Ambiente: La Ley N° 28611, en su art. 41, faculta el acceso a la información pública sobre el ambiente, sus componentes y sus implicancias en la salud, por quien la solicite y sin distinción de ninguna índole, y bajo responsabilidad, con sujeción exclusivamente a lo dispuesto en la legislación vigente. Igualmente en su art. 113, sobre calidad ambiental, la ley fija los objetivos sobre derechos y obligaciones de la sociedad en cuanto a la preservación, conservación mejoramiento y recuperación de los ecosistemas agua, aire y suelos, promoviendo la mitigación sobre todo de los riesgos y daños ambientales. (Congreso de la República, 2005).

Ley General de los Residuos Sólidos 27314: Este dispositivo propende a garantizar los niveles de gestión en el manejo de los residuos sólidos, tendiendo a su minimización y la prevención ante riesgos ambientales que se identifican

desde el punto de generación en la fuente hasta su destino final, y normando la aplicación de sistemas de mitigación. (Congreso de la República, 2000).

Norma E.060 (RNE): Esta norma del Reglamento Nacional de Edificaciones fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de estructuras de concreto simple o armado. Aquí se detalla los procedimientos para la fabricación de muestras o especímenes de concreto sometidas a pruebas físico mecánicas, y en relación a métodos y normas técnicas peruanas. (RNE, 2006).

Norma E.070 (RNE): Esta norma del Reglamento Nacional de Edificaciones define dentro de sus componentes, las especificaciones en edificaciones de albañilería en muros confinados y armados, y los rangos de resistencias según su tipología, basadas en mezclas reguladas en la norma E 0.60; esta norma expone la terminología y las tablas para el cumplimiento de las unidades de albañilería, sea de ladrillo o de bloques de concreto. (RNE, 2006).

Normas Técnicas Peruanas (NTP): Estas normas, previa verificación y aprobación por parte del INDECOPI, tienen una normatividad de aplicación para la fabricación de varios productos, más en muchos casos, deben sujetarse a normas internacionales, como es el caso de las normas ASTM o el método ACI para elaboración de mezclas y concretos; dentro de las normas tomadas en sus conceptos y/o métodos, están: NTP 339.033, NTP 339.034, NTP 339.035, NTP 339.036, entre otras, y las ya anotadas del RNE, normas E.060 y E.070. (RNE, 2006).

La NTP 900.058, referente a la gestión ambiental, y dentro de ello la gestión de residuos, con la codificación de colores, norma los procesos que deben seguir los residuos desde su generación hasta el destino final, y los códigos de colores para los almacenamientos de dichos residuos sólidos, y que se deben instalar en recintos públicos y privados con asistencia masiva de público. Figura 10.

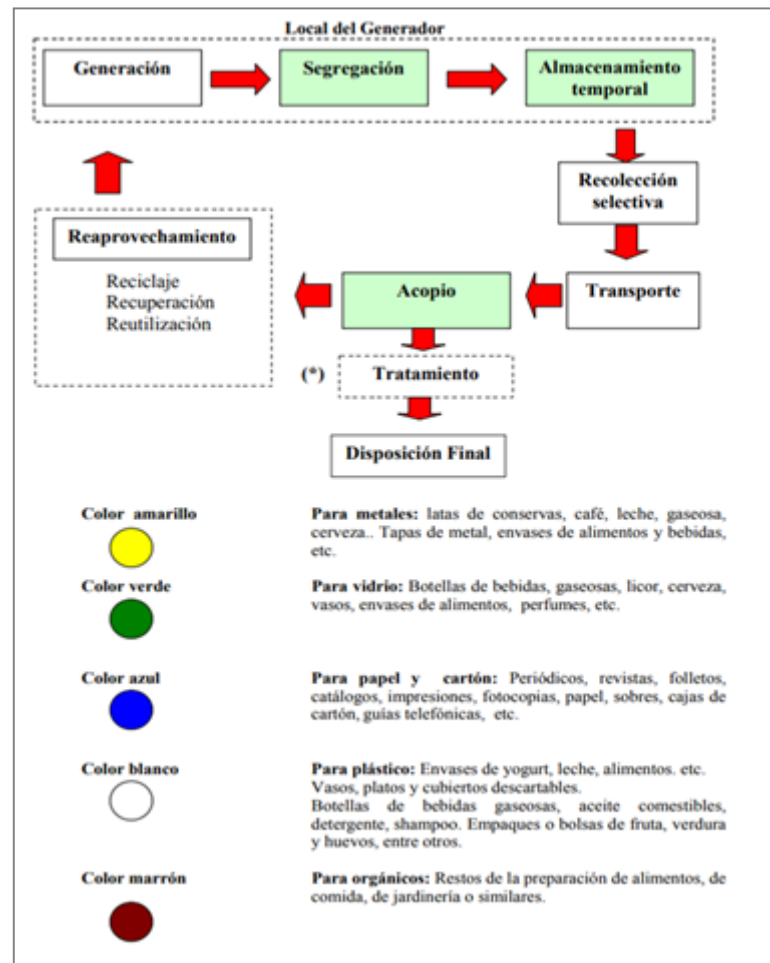


Figura 10. Código de colores de residuos.

Fuente: NORMA NTP-900.058

2.2.2. Impacto ambiental

Dentro del tema de glosario técnico, Conesa (1993), sintetiza los términos más usados en los procesos de evaluaciones de impacto ambiental, y distingue 03 grupos de conceptos:

- Adyacentes, o elementos del medio ambiente que se necesitan precisar y contemplar.
- Elementos del proceso, que forman parte del mismo, como apartados con entidad propia.

- Elementos intrínsecos, o ratios que siendo, o no, característicos del medio, su definición y cuantificación son necesarias para su incorporación al proceso.

Los elementos adyacentes, Conesa (1993) los desagrega en: medio ambiente, medio físico o medio natural, medio socio-económico, factores ambientales, ecología, proyecto, titular del proyecto o promotor, entorno de un proyecto, capacidad de acogida, gestión ambiental, autoridad competente sustantiva y autoridad competente del medio ambiente.

Dentro del tema de metodología, Conesa (2010) expone los métodos más usados en materia de evaluación de impactos en el medio ambiente y cita a Estevan Bolca, 1984, y a Canter y Sadler, 1997, y que luego sintetiza lo indicado por dicho autor en cuanto a los siguientes métodos:

- Matrices causa-efecto
- Listas de chequeo
- Sistemas de interacciones o redes
- Sistemas cartográficos
- Análisis de sistemas
- Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación
- Métodos cuantitativos
- Métodos de simulación
- Métodos “ad hoc”

De estos métodos, y de las experiencias estudiadas y conocidas, se estudiará y aplicará la matriz causa-efecto, para los resultados del impacto ambiental del PET en Tacna, y que según Conesa (2010), es un método de índole cualitativo y preliminar.

En el estudio de Metodología para Evaluación de Impacto Ambiental (Conesa, 2010), se expone un método de valorización que determina las relaciones de causalidad entre las acciones y sus posibles efectos sobre el ambiente, y a nivel cualitativo y cuantitativo mide el impacto sobre cada componente o factor ambiental. Aquí el autor indica que los resultados obtenidos a partir de una matriz determina si el resultado ambiental es afectado negativa o positivamente, luego de aplicar los criterios de valoración: así mismo, se verifica el método basado en el modelo de causa (actividades) y el efecto (en factores ambientales): este autor cita a Leopold, y relaciona cada atributo de medición ambiental para realizar la calificación ambiental: naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad. Los valores ponderados para valoración y descripción de atributos, citados en Conesa (2010), se observa en la Tabla IV.

Tabla IV
Valoración y descripción de atributos.

| VARIABLES | | RANGO DE CALIFICACION | % PONDERACION |
|--------------|-----------------|-----------------------|---------------|
| IN | INTENSIDAD | 1-12 | 23,1% - 36,0% |
| E | EXTENSION | 1-12 | 15,4% - 24,0% |
| MO | MOMENTO | 1-8 | 7,7% - 10% |
| PE | PERSISTENCIA | 1-4 | 7,7% - 10% |
| RV | REVERSIBILIDAD | 1-4 | 7,7% - 10% |
| RB | RECUPERABILIDAD | 1-8 | 7,7% - 10% |
| SI | SINERGIA | 1-4 | 7,7% - 10% |
| AC | ACUMULACION | 1-4 | 7,7% - 10% |
| EF | EFECTO | 1-4 | 7,7% - 10% |
| PR | PERIODICIDAD | 1-4 | 7,7% - 10% |
| TOTAL | | | 100,0% |

Fuente: Conesa, 2010.

Esta valoración de la Matriz de Impacto Ambiental es un método analítico, y permite asignar importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de una valoración ambiental en cada una de sus etapas, según la

metodología de Conesa (1997); la ecuación para el Cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental está dada en base a la fórmula [1]:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad [1]$$

Estas resultantes de la importancia (I), resultan en los rangos de su valor extremo y que se indican en la Tabla V

Tabla V

Valores extremos de la Importancia (I)

| Valor I (13 y 100) | Calificación | Significado |
|-----------------------|--------------|---|
| < 25 | BAJO | La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión |
| 25 ≥ < 50 | MODERADO | La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas. |
| 50 ≥ < 75 | SEVERO | La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado. |
| ≥ 75 | CRITICO | La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna. |

Fuente: Conesa, 2010.

2.2.3. Impacto del plástico

El destino final de los residuos y objetos plásticos tales como bolsas o embalajes que van a parar al mar, ríos y lagos, provocan un daño increíble a numerosas especies de animales marinos, tales como focas, delfines, ballenas, tortugas marinas; incluso las aves no están a salvo de ellas. Más de un millón de aves marinas mueren cada año al quedar atrapadas y asfixiadas en bolsas de plástico, y más de 100 000 animales, también fallecen de forma similar, cifras que van en aumento año tras año. (Aduanas Digital, 2014)

En el estudio “Tecnología de los Plásticos” (2011), se expone la problemática de los residuos plásticos en cuanto al indeseable aspecto que otorgan al medio ambiente. Una playa natural, virgen, con arena blanca, no atrae a absolutamente ningún turista si está llena de residuos plásticos flotando en la orilla. La presencia de vertederos que deben acoger y reciclar el plástico tampoco es de agrado para nadie. Ir caminando simplemente por la calle y ver botellas de plástico o bolsas tiradas por el suelo produce un impacto visual negativo importante.

Igualmente en la investigación “Tecnología de los Plásticos” (2011), se indica que el PET (Tereftalato de Polietileno), presenta las siguientes propiedades: Procesable por soplado, inyección y extrusión; apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas; transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa; alta resistencia al desgaste; muy buen coeficiente de deslizamiento; buena resistencia química y térmica; muy buena barrera a CO₂; aceptable barrera a O₂ y humedad; compatible con otros materiales barrera, que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto, permiten su uso en mercados específicos; reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica; aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios; Excelentes propiedades mecánicas: biorentable; cristalizable; esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno; buena relación costo/performance; se encuentra ranqueado como número 1 en reciclado; y es liviano.

Del PET (Tereftalato de Polietileno) se exponen los siguientes datos técnicos según se observa en la Tabla VI, y que contienen las propiedades, unidad y valor especificado de este tipo de plástico.

Tabla VI*Propiedades y valores del PET*

| Propiedad | Unidad | Valor |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Densidad | g/cm ³ | 1,34 - 1,39 |
| Resistencia a la tensión | MPa | 59 - 72 |
| Resistencia a la compresión | MPa | 76 - 128 |
| Resistencia al impacto, Izod | J/mm | 0,01 - 0,04 |
| Dureza | - | Rockwell M94 - M101 |
| Dilatación Térmica | 10 ⁻⁴ /° C | 15,2 - 24 |
| Resistencia al calor | ° C | 80 - 120 |
| Resistencia dieléctrica | V/mm | 12 780 – 15 750 |
| Constante dieléctrica (60 Hz) | - | 3,56 |
| Absorción de agua (24 h) | % | 0,02 |
| Velocidad de combustión | mm/min | Consumo lento |
| Efecto luz solar | - | Se decolora ligeramente |
| Calidad de mecanizado | - | Excelente |
| Calidad óptica | - | Transparente a opaco |
| Temperatura de fusión | ° C | 244 - 254 |

Fuente: Tecnología de los Plásticos, 2011.

Según la Ley General de Residuos Sólidos 27314, los residuos se clasifican en tres grandes grupos: según su origen, según su gestión y según su peligrosidad: los residuos plásticos, donde se encuentran los del PET, se ubican en grupo según su origen, como se observa en la Figura 11. (Congreso de la República, 2000).

Clasificación de los residuos sólidos (Según Ley n.º 27314: Ley general de residuos sólidos)

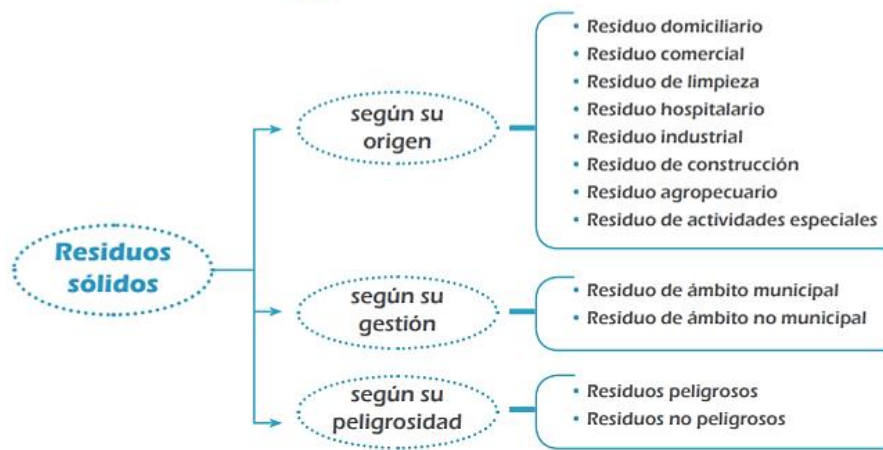


Figura 11. Clasificación de los residuos sólidos.

Fuente: (Congreso de la República, 2000).

Igualmente la Ley 27314, expone la secuencia dentro del sistema de manejo de los residuos sólidos, para que no signifiquen riesgos que causan a la salud y al ambiente, determinando los siguientes procesos a cumplir: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final. De ello, se debe tomar en cuenta, para ver la sostenibilidad de la propuesta de usos de residuos PET en Tacna, y evaluar la oferta de los mismos como insumo para usarlos en mezclas del concreto. (Congreso de la República, 2000).

Tipos de plástico

En el contexto internacional, se tiene una codificación tanto en su nomenclatura como en los códigos gráficos, que se muestran en la investigación de la Universidad de Alicante de España (2018), en el informe “Hacia una gestión sostenible de los plásticos en la Universidad de Alicante: Diagnóstico y propuesta de actuación”, y que se desagregan en la Figura 12.







| Tipo de termoplásticos | Abreviatura | Indicativo | Principales aplicaciones | Principales usos después del reciclado |
|---------------------------|-------------|--|--|---|
| Polietileno tereftalato | PET/PETE |  PET | Botellas agua, envases alimenticios | Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas |
| Polietileno alta densidad | PEAD |  HDPE | Botellas para, detergentes, bolsas, embalajes | Botellas detergentes, contenedores |
| Policloruro de vinilo | PVC |  PVC | Tuberías rígidas, ventanas, productos de uso sanitario | Tuberías, vallas, contenedores |
| Polietileno baja densidad | PEBD |  LDPE | Bolsas de plástico, film adhesivo, tuberías para riego | Bolsas para residuos, tubos, film uso agrícola |
| Polipropileno | PP |  PP | Tapones botellas, envases alimenticios | Cajas múltiples para transporte, sillas, textiles |
| Poliestireno | PS |  PS | Botellas, envases alimenticios | Aislamiento térmico, cubos de basura |

Figura 12. Tipos de termoplásticos. Usos en el reciclado.

Fuente: (Universidad de Alicante, 2018).

Dentro de las propiedades principales del PET están su alta pureza, alta resistencia y tenacidad; baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino; además presenta propiedades de transparencia y resistencia química, brillantez, resistencia al desgaste, buen coeficiente de deslizamiento, buena barrera térmica, contra gases y humedad, etc. La simbología internacional del PET, dentro del marco de códigos de los polímeros, es la indicada en la Figura 13.



Figura 13. Marca de reciclaje del PET

Fuente: Recuperado de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Tereftalato_de_polietileno

2.2.4. Reciclado de residuos plásticos

En la Argentina, el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica) dependiente del CONICET y de AVE (Asociación de Vivienda Económica), hace varios años atrás estudia sobre el reciclado de materiales para la elaboración de elementos aplicados a la construcción, como es el caso del PET, y toma como fundamento de la investigación, que los residuos urbanos e industriales, en lugar de desecharlos, deben reciclarse. Se hace un estudio comparativo con el ladrillo de tierra cocida y el eco bloque fabricado con PET, y resultan ventajas comparativas, sobre todo en el balance ambiental y sus impactos, y aplicándose dicha fabricación bajo una norma técnica creada para ello. (Gaggino, R., Kreiker, J., Sánchez, M., González, J., Arguello R. ,2015).

En el Perú, el Informe del Diagnóstico de los residuos Sólidos en el Perú, respecto al Programa de Segregación en la Fuente (reciclaje formal), y según datos oficiales al año 2012, participaron 205 municipalidades, que están recuperando un promedio de 9 020 toneladas de residuos reciclables al mes.

Esta cantidad recuperada, y que corresponde a casi el 9 % de los residuos reciclables o una tasa de reciclaje del 1,5 % del total de los RSM. (MINAM, NEFCO, NORDCN, 2013)

En el destino final de los residuos plásticos muchas veces es quemado, por ello el proceso de calentamiento a temperatura de 90°C es adecuado en cuanto que los residuos sólidos plásticos adquieren la flexibilidad, la plasticidad y adherencia que le permiten ser mezclados, moldeados y compactados, reduciendo o anulando las emanaciones de contaminante como NOX, SOX y COX producidos por incineración de estos residuos urbanos, lo cual convierte el método de conformado artesanal en un método alternativo para el adecuado manejo y reducción de los RSP, expuesto por Groom et al, 1995; Selke & Wichman, 2004, y citados por Martínez (2014). Martínez et al, 2014).

El MINAM, dentro de sus objetivos estratégicos en la gestión del manejo de los residuos sólidos, se propone alcanzar principalmente lo siguiente:

- **Objetivo 3-Salud y bienestar:** Mediante una mejora en la gestión de residuos sólidos municipales y no municipales; en particular con la inversión en infraestructura para tratamiento y disposición final, se podrá reducir el índice de enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo. (PLANRES 2016-2024).
- **Objetivo 11-Ciudades y comunidades sostenibles:** Mediante la mejora de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional se permitirá la reducción del impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades. (PLANRES 2016-2024).

2.2.5. Mezclas de concreto

En el Título III, el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) fija “los requisitos y exigencias técnicas mínimas para los procesos de análisis, diseño,

materiales, construcción, control de calidad e inspección de estructuras tanto para concreto simple o armado. Esta normativa prevalece sobre otras cuando existan discrepancias en proceso o en parámetros de resultados (...). Contiene las generalidades normativas, definiciones y abreviaturas, los materiales para elaborar concretos, requisitos de la construcción, requisitos generales, diseño y evaluación de estructuras” indicado en la Norma E.060, p.300868. (RNE, 2006).

Materiales

Los materiales que forman parte de las mezclas de concreto, según la normatividad peruana, son el cemento, agregados y agua básicamente, pudiendo adicionarse aditivos y/o otros que sustituyan a los agregados. La descripción es la siguiente:

- “El cemento a usarse en obra, debe ser el mismo que se usa en las pruebas de laboratorio, y cumplir con lo normado en el RNE; Cemento portland según ASTM C150), es un aglomerante hidráulico producido por la pulverización del Clíinker, compuesto además por silicatos de calcio hidráulicos, sulfato de calcio y otras calizas.”
- “Los agregados, fino y grueso, deberán ser extraídos de canteras certificadas, y ser limpios y tener la granulometría antes de ser usados en dosificación de mezclas y ser sometidos a las pruebas en laboratorios. El agregado denominado “hormigón”, que significa una mezcla de gravas y arenas naturales, debe estar libre de sustancias orgánicas y otras dañinas al concreto; sólo debe ser usado en mezclas de concreto para resistencia a la compresión de 100 kg/cm² a los 28 días, y un contenido mínimo de 255 kg/m³.” (Norma E.060).

Según la norma NTP 400.011, se les llama también áridos, tiene un origen natural o artificial, ocupando en la mezcla entre el 60 % al 70 % aproximadamente; si el agregado pasa el tamiz 9,51 mm (3/8”) y queda retenido tamiz de 0,074 mm (N°200), se define como agregado fino, y si

queda retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), se define como agregado grueso (grava o piedra partida).

- El agua a emplearse debe ser preferentemente limpia y potable, libre de ácidos, sales, aceites y sustancias orgánicas; no se puede usar agua de mar para concretos mayores a 175 kg/cm², y con autorización del profesional respectivo. (NPT 400.011)
- La arena, según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM e 33, se define como agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados en canteras o cauces de ríos. Se clasifican según como se observa en la Tabla VII. (NPT 400.011)

Tabla VII
Clasificación de arenas

| Clasificación | Diámetro |
|----------------------|------------------|
| Arena Fina | 0,05 mm a 0,5 mm |
| Arena Media | 0,5 mm a 2,0 mm |
| Arena Gruesa | 2,0 mm a 5,0 mm |

Fuente: NTP 400.011

Peso unitario

Se basa en la NTP 400.017 y ASTM C 29, y referencialmente sobre la Norma ACI, y representa el peso sobre unidad de volumen, y significa el material seco que se necesita para llenar recipientes con un volumen unitario determinado; permite cuantificar pesos y volúmenes del material. El peso unitario está en función del tamaño, forma y distribución de sus partículas. Se tienen dos tipos de pesos unitarios: peso unitario suelto, y peso unitario compactado, con tres tipos de muestras, deduciendo luego un promedio de pesos o volumen (de recipiente de volumen conocido).

Las muestras deben ser sometidos a los métodos de apisonado, percusión y/o de peso suelto, cumpliendo el calibrado de recipientes y equipos (balanza, termómetro), varillas de apisonado, y procedimientos como el llenado de las muestras en tres capas, y aplicando las fuerzas según el método a determinar.

Granulometría

Se basa en la NTP 400.037 y en el RNE, y para las muestras se basa en la NTP 400.010, tiene por objeto dar la metodología para el análisis de granulometría del agregado fino, grueso y global; el resumen del método indica tomar una muestra de agregado en seco, de masa conocida, y es separado por tamices que van de aperturas mayores a menores y determinar la distribución de partículas. En las Tablas VIII y IX se expone la granulometría, tanto para el agregado grueso y fino.

Tabla VIII
Granulometría agregado grueso

| MALLA ASTM | | % QUE PASA |
|-------------------|------------|-------------------|
| N°4 | (4,75 mm) | 100 |
| N°8 | (2,36 mm) | 95 a 100 |
| N°16 | (1,18 mm) | 70 a 100 |
| N°30 | (0,60 mm) | 40 a 75 |
| N°50 | (0,30 mm) | 10 a 35 |
| N°100 | (0,15mm) | 2 a 15 |
| N°200 | (0,075 mm) | Menos de 2 |

Fuente: Adaptado del RNE/ NTP 400.037.

Tabla IX
Granulometría agregado fino

| TAMIZ | PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA | | | |
|--------------|------------------------------------|--------|--------|---------|
| | LIMITES TOTALES | C* | M | F |
| 9.50 mm 3/8" | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4.75 mm N°4 | 95-100 | 95-100 | 89-100 | 89-100 |
| 2.36 mm N°8 | 80-100 | 80-100 | 65-100 | 80-100 |
| 1.18 mm N°16 | 50-85 | 50-85 | 45-100 | 70- 100 |
| 0.60 mm N°30 | 25-60 | 25-60 | 25-80 | 55-100 |
| 0.30 mm N°50 | 10-30 | 10-30 | 5-48 | 5-70 |
| 0.15mmN°100 | 2-10 | 2-10 | 0-12* | 0-12 |

*Incrementar a 5% en agregado fino triturado, excepto en uso para pavimentos.

Fuente: Zamora, 2014.

Entre los aparatos necesarios para las pruebas están las balanzas, los tamices, los agitadores mecánicos (cuando la muestra sea superior a 20 kg) y los hornos; para el caso de la investigación, el análisis utilizará el agregado global, bajo un método integral ACI.

Ensayo de humedad

Este método se basa en la NTP 339.185, y referenciada en la ASTM D-2216, y tiene por objeto determinar el porcentaje de humedad evaporada de un agregado fino o grueso secado. Se utilizan balanzas, fuente de calor (horno a temperatura 110 °C, con más menos 5 %), recipientes (con un poco de mayor capacidad que la muestra) y cucharas o espátulas de metal.

Peso específico y absorción de agregados

Este método se basa en las normas NTP 400.021, 400.022, y referenciadas a ASTM-127 y 128, y permite determinar la densidad promedio, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado en porcentaje. Define el método de ensayo en depositar la muestra por más o menos 24 horas aproximadamente, para llenar los poros y luego de retirar el agua superficial se seca para determinar su masa y grado de absorción, y luego se van aplicando métodos

granulométricos y volumétricos de secado en hornos, y se termina las resultantes de densidades y absorción final.

El método ACI (American Concrete Institute)

Este método en su codificación ACI 211, consiste en dar los procesos para el diseño de mezclas de manera simple y práctica, en base a tablas preestablecidas, para tener como parámetros y rangos a considerar y obtener los materiales concurrentes a tener una unidad cúbica de concreto.

El contexto del método expone parámetros en lo referente a: revestimientos (máximos y mínimos) según tipo de construcción; requisitos de contenidos de agua, aire, según los tamaños de agregados; relación agua/cemento en función a las resistencias a compresión del concreto; relaciones de agua/cemento para concretos sujetos a exposiciones severas; relación de volumen de agregado por volumen unitario de concreto; cálculo tentativo de peso de concreto en kg/m^3 . Para diseñar la mezcla se necesita saber las características de los materiales como, pesos específicos, porcentajes de absorción, grados de humedad y módulos de finura. (ACI 211)

Asentamiento del concreto

Según la NTP 339.035 y la norma E.060 del RNE, las mezclas de concreto deben ser medidos en sus asentamientos según el método del "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, y que en realidad es para valorizar o visualizar la uniformidad de dicha mezcla y ver su trabajabilidad, y además permite observar cambios según las relaciones de agua y cemento. Las alturas permisibles para concreto fresco van desde 0 mm a ≥ 127 mm (Ver Tabla X), dependiendo de la resistencia de la mezcla de diseño y el tipo de elemento de concreto a fabricar o construir.

Tabla X*Consistencias y asentamientos según método "Slump"*

| Consistencia | Asentamiento | Trabajabilidad |
|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Seca | 0" a 2" | Poco trabajable |
| Plástica | 3" a 4" | Trabajable |
| Húmeda | ≥ 5" | Muy Trabajable |

Fuente: Zamora, 2014.

Se utilizan para medir este asentamiento: el cono de Abrams, que es un cono metálico truncado de dos aberturas de 100 x 200 mm, y una altura de 300 mm; una barra compactadora de 16 x 600 mm; instrumento de medida (wincha); y herramientas pequeñas. (NTP 339.035).

Especímenes de concreto (probetas)

La norma NTP 339.033 y la norma E.060 del RNE, indican los procedimientos para preparar y curar especímenes de concreto o probetas de forma cilíndrica de muestras representativas de concreto fresco para aplicarlo en procesos de la construcción. La norma resume los procesos de: elaboración, curado, protección y transporte de los especímenes para los ensayos en laboratorio o en obra.

Los ensayos de muestras deben cumplir con: la resistencia inicial especificada, las proporciones de mezclas y el control de calidad; los procesos de los ensayos de las probetas se aplican para cilindros de 15 x 30 cm y de 10 x 20 cm, y que serán sometidos a cargas mecánicas de compresión y cuyos resultados se darán en kg/cm² o en MPa; para la elaboración de los especímenes se utilizarán moldes cilindros metálicos con las mismas medidas de las probetas a fabricar, además de una barra compactadora de 600 mm, mezcladora, recipientes para mezclas a granel, winchas, palas y otros accesorios. (NTP 339.033 y RNE).

Resistencia de probetas

La norma NTP 339.034 y la norma E.060 del RNE, indican condiciones que tiene que deben cumplir los probetas, para ser consideradas muestras válidas, en cuanto a su resistencia en su forma cilíndrica, para lo cual, deben cumplir procedimientos indicados en dichas normativas y otras articuladas como las normas NTP 339.033, NTP 339.037, ASTM, entre otras.

Los concretos admitidos son los que tengan pesos específicos mayores a 800 kg/cm³ y se aplica la compresión a nivel axial; la resistencia resultante se obtiene al dividir la carga máxima obtenida entre el área de sección recta, y el control de calidad del concreto utilizado se verifica en las tolerancias de ensayo para cumplir con la prueba de resistencia, se desagregan en la Tabla XI; los errores de resistencia no excederán del ± 1 %. (NTP 339.034).

Tabla XI
Tolerancia de tiempo para realizar el ensayo de resistencia

| Edad de Ensayo | Tolerancia de tiempo Permissible NTP 339.034 | |
|----------------|---|-----------|
| | horas | % |
| 24 h | $\pm 0,5$ | $\pm 2,1$ |
| 3 d | ± 2 | $\pm 2,8$ |
| 7 d | ± 6 | $\pm 3,6$ |
| 28 d | ± 20 | $\pm 3,0$ |
| 90 d | ± 48 | $\pm 2,2$ |

Fuente: NTP 339.034.

Los aparatos, además de los accesorios para elaborar mezclas y las probetas, son la máquina de compresión (prensa), que contará con un panel o reloj de medida de la compresión, que dará la lectura de la resistencia en kilos fuerza u otra unidad, según sea el equipo; además se utilizarán dos rótulas de acero, siendo una móvil y la otra fija, y tendrán el diámetro según el tamaño de la probeta. Luego de someter las pruebas de compresión de probetas, a una

carga continua, en el rango de 14 a 34 MPa/s durante la última mitad de la fase de carga, y se elaborará un informe técnico con fecha, especificación de las dimensiones de las mismas, y sus resultados de resistencia. (NTP 339.034).

Según el RNE, la resistencia a la compresión es conforme si:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos consecutivos de resistencia, a los 28 días, será mayor o igual a $f'c$ (probetas de diseño base en kg/cm^2). (RNE, Norma E.060).
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$, en más de 35 kg/cm^2 indicado en la Norma E.060. (RNE, 2006).

Albañilería

En el Título III, el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) establece: “Los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones con albañilería estructuradas principalmente para muros confinados, muros armados, entre otros indicado en la Norma E.070, p. 320922. (RNE, 2006).

Las unidades de albañilería para fines estructurales, contemplados en el RNE, consideran: la clase (tipos), dimensiones, alabeo y resistencias en MPa o kg/cm^2 , tanto para ladrillos o bloques de concreto (estructurales y no estructurales), y que se observan en la Tabla XII. (RNE, 2006).

Tabla XII*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

| CLASE | VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje) | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION f'b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta |
|--------------|---|--------------|---------------|--------------------------|--|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

Fuente: RNE, Norma E.070

Igualmente, en la norma E.070 (RNE), se establece las resistencias mínimas de los ensayos de prismas, ya sean estos fabricados en arcilla, sílice-cal o concreto, y que, según su denominación, da resultantes de dichas resistencias, tanto como en unidades, en pilas o en muretes, y cuyo desagregado se observan en la Tabla XIII.

Tabla XIII*Resistencias y características de la albañilería (kg/cm²)*

| Materia Prima | Denominación | UNIDAD f'b | PILAS f'm | MURETES v'm |
|------------------------|----------------------|---------------|--------------|----------------|
| Arcilla | King kong Artesanal | 5,4 (55) | 3,4 (35) | 0,5 (5,1) |
| | King Kong Industrial | 14,2 (145) | 6,4 (65) | 0,8 (8,1) |
| | Rejilla Industrial | 21,1 (215) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| Sílice-cal | King Kong Normal | 15,7 (160) | 10,8 (110) | 1,0 (9,7) |
| | Dédalo | 14,2 (145) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | Estándar y mecano | 14,2 (145) | 10,8 (110) | 0,9 (9,2) |
| Concreto Bloque Tipo P | | 4,9 (50) | 7,3 (74) | 0,8 (8,1) |
| | | 6,4 (65) | 8,3 (85) | 0,9 (9,2) |
| | | 7,4 (75) | 9,3 (95) | 1,0 (9,7) |
| | | 8,3 (85) | 11,8 (120) | 1,1 (10,9) |

Fuente: RNE, Norma E.070

San Bartolomé, A. (1994), menciona que las unidades de albañilería son muy variadas, siendo las principales las de arcilla, sílico-calcáreo y de bloques de concreto (artesanal o industrial), y deben usarse solo unidades libres de fisuras o mal fabricadas, en razón que representan puntos de la debilidad en muros, y cumplir así con los especificado en la Norma E.070 del RNE. L distancia máxima (L) de columnas para confinar muros, debe ser menor de 2 veces la altura de los mismos como se indica en la Figura 14.

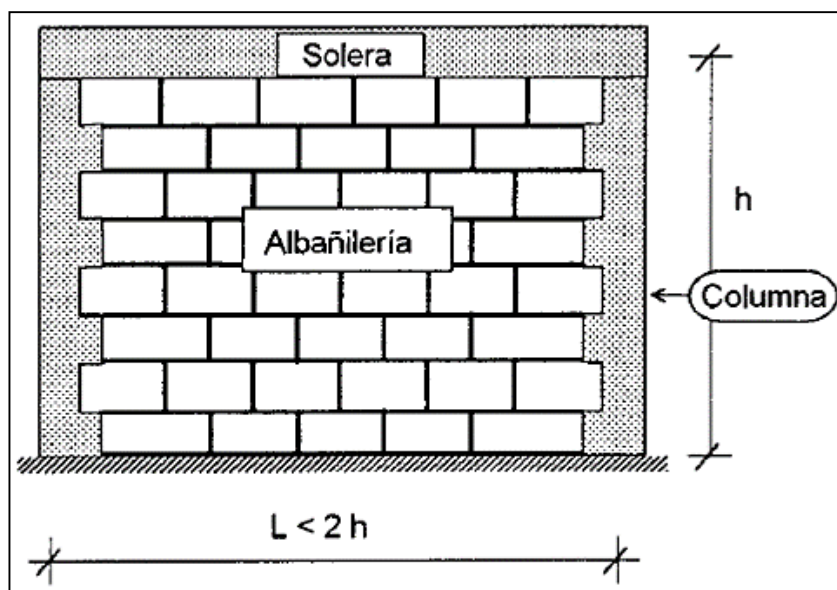


Figura 14. Relación de distancia entre muros confinados a columnas

Fuente: (San Bartolomé, 1994).

En Horna M. (2015), expone en el tema sobre la influencia del curado de albañilería, que la calidad estructural de la albañilería simple, se puede medir en función de la resistencia a la compresión, del módulo de elasticidad, y resistencia al corte; estas unidades a su vez dependen de la calidad de la unidad, del mortero y de la calidad mano de obra. Los muros tabiques o no portantes, y que se usan en cercos, parapetos y divisiones de ambientes, deben diseñarse ante cargas perpendiculares a su plano.

En Galindo (2018), se expone el estudio Tanut Waroonkun, Tanapong Puangpinyo & Yuttana Tongtuam (2017) dando origen que para bloques de concreto que tienen un alto nivel de resistencia a la compresión, el reemplazo de arena por agregado de plástico podría ser tan alto como 25 a 30 % o más. Estos bloques de hormigón todavía se pueden utilizar porque la rotura versus una resistencia sería superior al estándar de 2 MPa, es decir, 20,4 kg/cm² aproximadamente.

La producción de concreto y la determinación de las propiedades mecánicas, resultantes en el uso sustitutorios de parte de los agregados por residuos plásticos PET, se observan en la Figura 15, y donde se observa la evolución de la resistencia a la compresión promedio, con 2,5; 5,0; 7,5 y 10 % de PET. (Galindo, 2018).

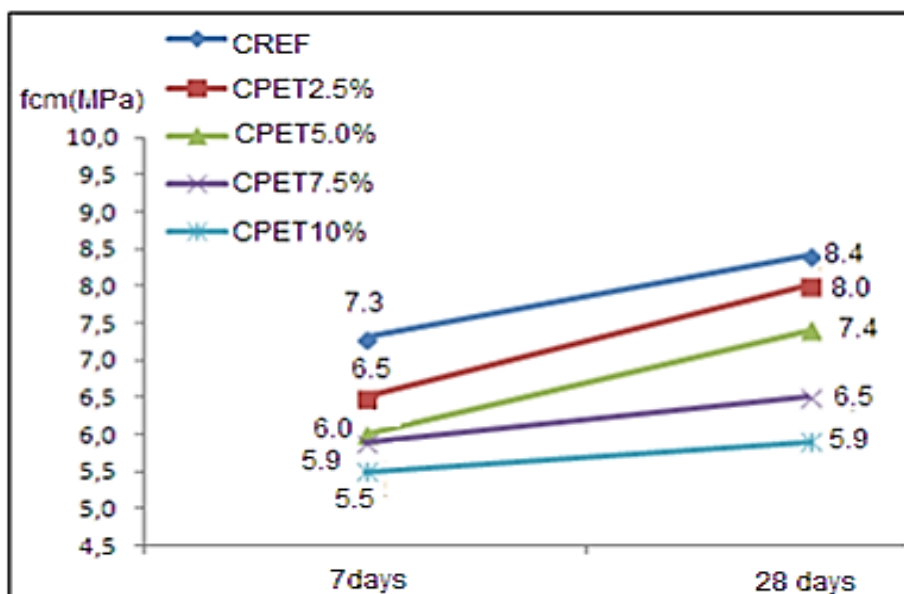


Figura 15. Evolución de la resistencia de bloques de hormigón con PET

Fuente: (Galindo, 2018).

Se estudiaron la dosificación y producción de bloques estructurales de hormigón con PET incorporado, con un diseño de la mezcla que contenía: 2,5; 5,0; 7,5 y 10 % de PET que reemplazaba al cemento fino, midiendo su resistencia

a la compresión a los 7 y 28 días. Se observó que para todas las edades el reemplazo del cemento por PET promovió una reducción en la resistencia, sobre el concreto de referencia, y se cumplió con la normativa de Brasil del método de prueba ABNT NBR 6139/2008 (Norma brasilera de la dosificación y producción de bloques de concreto). (Galindo, 2018)

Este proceso experimental es aprobado por un Certificado de Aptitud Técnica otorgado por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación, por lo que es autorizado en su uso en construcciones civiles en la Argentina, y usado en su mayor parte para cerramientos y muros no portantes, poseyendo ventajas comparativas con el ladrillo tradicionales de barro cocido, como es la mayor aislación térmica, y menor peso específico. (Giaggino, 2015).

En Gaggino, (2008), se observa dentro de las pruebas físicas, las resultantes de la resistencia a compresión de ladrillos (bloques) de concreto, con diferentes tipos de residuos adicionados a mezclas de bloques y/o ladrillos, resultando para el caso de bloques y ladrillos con PET y otros materiales reciclados, resistencias que van desde los 0,3 a 20 kg/cm², resultando para el caso del PET, de 10 kg/cm², y donde se observa que cumplen la normatividad correspondiente en Argentina, como se aprecia en la Figura 16.

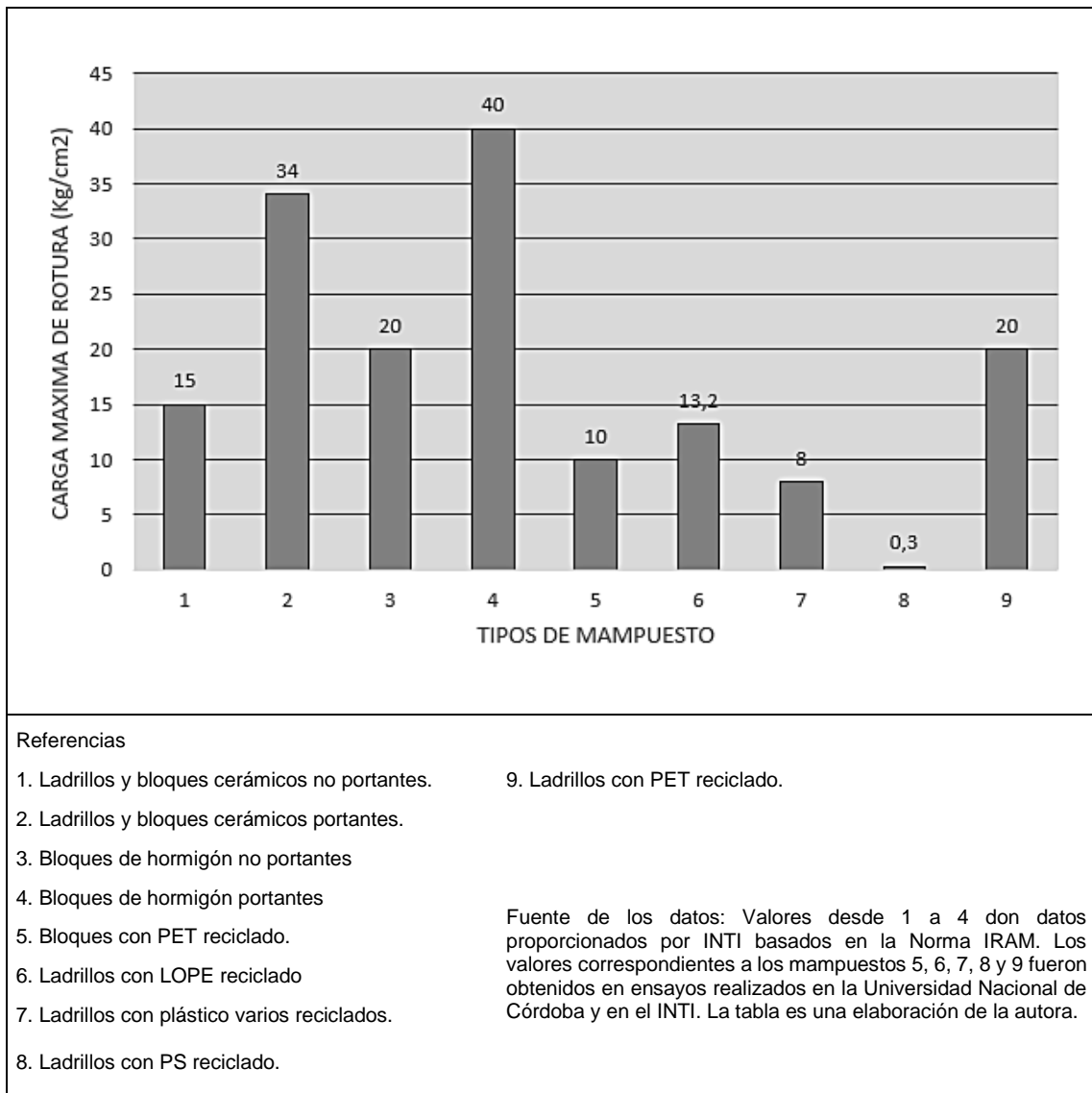


Figura 16. Tipos de mampuesto con materiales reciclados y su resistencia

Fuente: (Gaggino, 2008).

2.2.6. Mitigación ambiental

Reciclaje

El reciclaje ha significado gasto de millones en países desarrollados y concientizar a la población de lo importante que es reciclar, y del impacto negativo ambiental por no tener capacidad de gestión para hacerlo. En el mundo se fabrican millones de botellas con PET, pero solo entre un 15 % a un 35 % se reciclan; en la Figura 17 se muestra una alternativa de reciclaje aplicado a una construcción a base de residuos PET. (Daños y Perjuicios del PET)



Figura 17. Construcción fabricada con PET

Fuente: Recuperado de http://www.aaag.org.mx/uploads/files/20161128-108e8_DOCUMENTO_C2872016.pdf

Cuando se deposita los plásticos (PET), en contenedores, se inicia un proceso de triturado y esterilización, y luego reducido en fichas de plástico, para luego ser elaborados otros productos derivados del mismo por empresas [...], pero se debe exponer lo negativo de las botellas plásticas como: que una botella tarda unos 700 años en degradarse; que el 90 % del costo de agua o líquido embotellado significa el de la botella; que el 80 % de las botellas de plástico, no se reciclan; que hacen falta 100 millones de litros de petróleo para poder fabricar mil millones de botellas de plástico; que embotellar y manipular agua es el

método menos eficiente para conseguir agua; y que los plásticos que llegan a los cuerpos de agua, sobre todo en el mar, forman islas flotantes que viajan miles de kilómetros. (Daños y Perjuicios del PET).

Impacto visual del plástico

Otro problema de los residuos plásticos es el aspecto no deseable que se expresan en el paisaje urbano y rural y sobre el medio ambiente natural. La presencia de plásticos en los componentes del paisaje, afectan entre otras cosas la afluencia de turistas a lugares naturales de conservación ecológica o reservas naturales. Esta presencia de sobre exposición en los espacios públicos o aún en vertederos que permitan iniciar el proceso de reciclar el plástico tampoco ayuda a un nivel estético espacial, resultando un impacto visual negativo importante. En Conesa (2010), se expone sobre el análisis de sistemas hombre – naturaleza el método de la Universidad Georgia. Figura 18. (Conesa, 2010)

| Índice de evaluación de la calidad del paisaje | Ip |
|---|-----------|
| Zonas de alto valor paisajístico (bosques, parques, monumentos, etc.) | 0 - 0,9 |
| Zona de valor paisajístico medio | 0,9 - 0,6 |
| Zonas de baja calidad paisajístico (áridas con escasa vegetación, monótonas, etc.) | 0,6 - 0,4 |
| Zonas deterioradas por actividades humana (urbanas, industrial, minera, etc.) | 0,4 - 0,1 |

Figura 18. Valoración de la calidad del paisaje

Fuente: (Conesa, 2010).

Eco Gestión

En términos generales la gestión se define como la realización de diligencias para conseguir objetivos, y el objetivo de la gestión ambiental, llamada eco gestión, es tener o lograr una sociedad con calidad ambiental aceptable; aquí la calidad ambiental es uno de los componentes de la calidad de

vida en los individuos, siendo los otros componentes, el nivel de renta y el bienestar social [...]. El valor que las sociedades les dan a estos tres elementos varía según el momento histórico y su geo referencia en un lugar terrestre; esta valoración ha ido ampliando el espacio del valor de calidad ambiental, y ya se califica esta desde el punto de renta y del bienestar social, como se muestra en la Figura 19. Los países más desarrollados están abocados a elevar la calidad ambiental en sus espacios naturales y culturales, no así los países en vías de desarrollo que solo están preocupados más, en el nivel de renta. (Encinas, 2011).

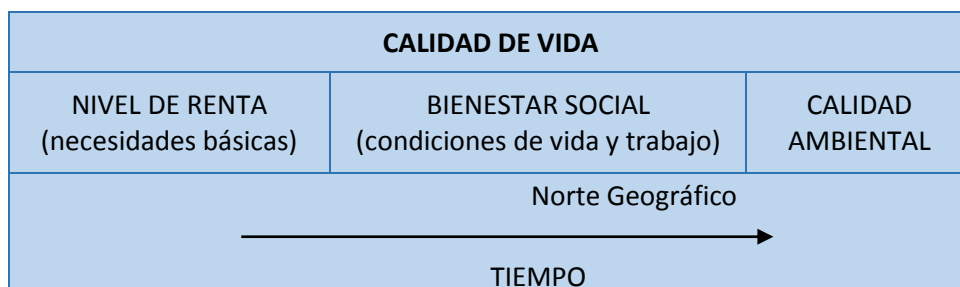


Figura 19. Componentes de la calidad ambiental y evolución espacial y temporal

Fuente: (Encinas, 2011).

Este antecedente local que se da en la ciudad de Tacna, se articula a la política nacional expresada en el PLANRES 2016-2024, y significa que la municipalidad de esta ciudad, durante los últimos tres años ha permitido determinar las cantidades y variaciones de las características y cualidades de la basura a través de dicho tiempo, además de la estimación de algunas de sus propiedades físicas (densidad, tipos de desechos, etc.) y poder tener un método que permita conocer la composición de los residuos sólidos en Tacna; ante ello se han implementado los programas de segregación, teniendo como módulos de gestión, a las juntas vecinales de la ciudad; estas acciones se realizan al amparo de lo dispuesto por el MINAM y en los PLANRES 2016-2024 y con procesos similares al de la Figura 20.

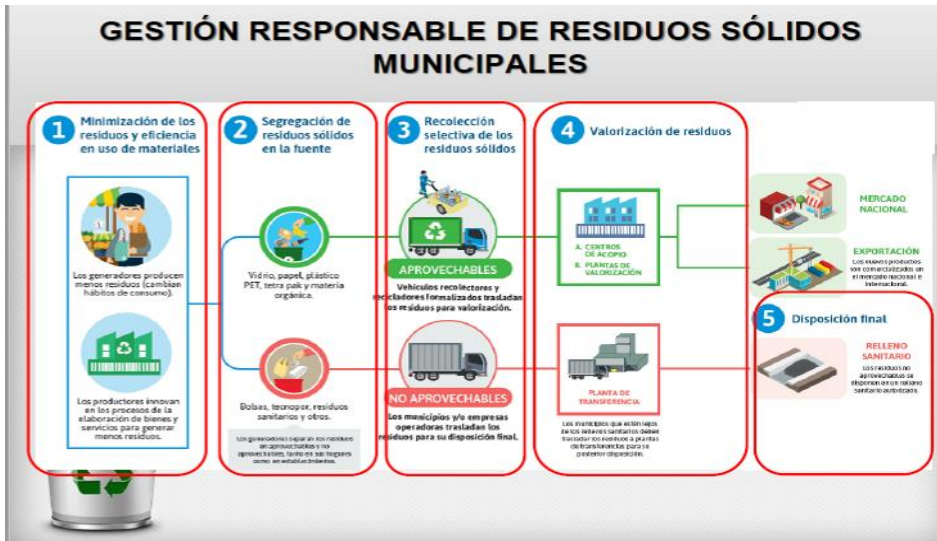


Figura 20. Proceso de Gestión de los RRSS Municipales

Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna, 2017.

Las políticas, planes y programas, que se están aplicando en la población con capacitaciones vecinales, con formalización de los recicladores, con el registro de empresas que recolectan y acopian residuos segregados y selecciones según la expectativa de los mercados de compra de residuos urbanos. Para la segregación en la fuente se basa normativamente en la NTP 900 058.2005, que permite guiar la separación de los residuos sólidos, según se indica en la Figura 21. (Municipalidad Provincial de Tacna, 2017).



Figura 21. Separación de residuos sólidos, Tacna 2017

Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna, 2017.

El PIGARS Tacna (2014-2021), dentro del diagnóstico y programación, planifica las acciones a ejecutar por la municipalidad, y en concordancia con las políticas del MINAM, en cuanto a la gestión de residuos sólidos, y en base a dicha información referente a estadística población y a generación de residuos por día, por mes y global anual, se plantea la progresión según la tasa de crecimiento y poder relacionar la población provincial con los volúmenes anuales de residuos y poder plantear el dimensión en el nivel de mitigación que plantea la presente investigación. (PIGARS Tacna, 2014).

Los recursos en que se da el proceso de recolección dentro de las áreas urbanas de la ciudad, se dan con el recojo desde las vías o depósitos pre establecidos, hasta su destino final, sea este al relleno sanitario (para el caso de Tacna es a la fecha un botadero), o a tratamiento y reciclaje y que se resume en su proceso en la Figura 22. (PIGARS Tacna, 2014).



Figura 22. Sistema de Gestión de los RRSS Municipales. Estudio de caracterización

Fuente: (Municipalidad Provincial de Tacna, 2017).

En el contexto provincial y en los ámbitos jurisdiccionales, donde se aplica el PIGARS Tacna, se tiene un logro en términos de segregación de los residuos sólidos que da un total de 257 t, tal como se muestra en la Figura 23, siendo la

2.3. Definición términos

2.3.1. Términos Medio Ambientales

Reciclaje

Técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos consistente en realizar un proceso de transformación de los residuos para cumplir con su fin inicial u otros fines a efectos de obtener materias primas, permitiendo la minimización en la generación de residuos. (MINAM, 2012).

Toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines. (Congreso de la República, 2000).

Proceso que consiste en someter a una material o producto ya utilizado a un ciclo determinado para obtener un material nuevo de este. Es la utilización de un ciclo determinado para la formación de una nueva materia prima desde desechos. (Bedoya & Dzul, 2015).

Proceso mediante el cual se incorporan residuos, insumos o productos finales a procesos de transformación y producción diseñados especialmente para eliminar o minimizar sus efectos contaminantes y generar beneficios económicos. (Congreso de la República, 2009).

Residuos urbanos

Son residuos producidos por habitantes urbanos, comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas. (Vesco, 2006).

Es aquel producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene función para la actividad que lo generó. (Congreso de la República, 2009).

Recolección del reciclaje

Acción de recoger los residuos segregados en la fuente para transferirlos a través de un medio de locomoción apropiado para su posterior acondicionamiento y comercialización. (Congreso de la República, 2009).

Segregación

Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial. (Congreso de la República, 2009).

Segregación en la fuente

Según OSINERGMIN ha implementado el “Programa de segregación de residuos sólidos” en los puntos de generación. Ubicando para ello, en forma apropiada y fuera de las áreas de tránsito, los tachos de reciclaje de acuerdo al código de colores como se observa en la Figura 24. (NTP 900.058).

| Clasificación | Reaprovechable | No Reaprovechable |
|----------------|---|---|
| Metales |  | ----- |
| Vidrio |  | ----- |
| Papel y cartón |  | ----- |
| Plástico |  | ----- |
| Orgánico |  | ----- |
| Comunes | ----- |  |
| Peligrosos |  |  |

Figura 24. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos.

Fuente: NTP 900.058.

Plásticos

Existen muchos tipos de plásticos, aunque el mercado está dominado por cuatro tipos principales: polietileno (PE) (p. ej.: bolsas de plástico, láminas y películas de plástico, contenedores (incluyendo botellas), micro esferas de cosméticos y productos abrasivos); polyester (PET) (ej.: botellas, envases, prendas de ropa, películas de rayos X, etc.); polipropileno (PP) (ej.: electrodomésticos, muebles de jardín, componentes de vehículos, etc.); y cloruro de polivinilo (PVC) (ej.: tuberías y accesorios, válvulas, ventanas, etc.). (Plásticos en los océanos, Greenpeace).

El término Plástico, en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o

multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales. (Muñoz, 2012).

PET Polietileno-Tereftalato

El polietileno tereftalato, mejor conocido como PET por sus siglas en inglés, es uno de los materiales comúnmente utilizados en la industria embotelladora de bebidas por sus características muy particulares que favorecen la distribución, el almacenaje y la presentación de algunos productos. Derivado de los altos niveles de consumo de estos productos, se tiene también grandes cantidades de residuos. (Muñoz, 2012).

El PET, en sus formatos, son envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: de refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc. El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64 % de petróleo, 23 % de derivados líquidos del gas natural y 13 % de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. (Secretaría de Medio Ambiente de México).

Plástico de botella (PET)

Aquel material reciclable seleccionado que se utilizó para estudio, constituidas por PET (polietileno tereftalato), debido a que es caracterizado por su resistencia y gran ligereza, tales que parece posible una integración como agregado PET en la mezcla del concreto. (Morales, 2016, pág. 58).

Impacto ambiental

Se define como la alteración favorable o desfavorable que experimenta el ambiente como resultado de la actividad humana o de la naturaleza. (MINAM, 2012).

Efecto que una actividad, obra o proyecto, o cualquiera de sus acciones y componentes tiene en el ambiente o en sus elementos constituyentes. Puede ser positivo o negativo, directo o indirecto, acumulativo o no, reversible o irreversible, extenso o limitado. (Sánchez, 2014).

Evaluación del impacto ambiental

Es una herramienta necesaria (Conesa, 1993), para paliar efectos forzados por situaciones que se caracterizan por:

- Carencia de sincronización entre el crecimiento de la población y el crecimiento de la infraestructura y los servicios básicos que a ella han de ser destinados.
- Demanda creciente de espacios y servicios consecuencia de la movilidad de la población y el crecimiento del nivel de vida.
- Degradación progresiva del medio natural con incidencia especial en: contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, edafológicos y paisajísticos.
- Ruptura del equilibrio biológico y de las cadenas eutróficas, como consecuencia de la destrucción de diversas especies vegetales y animales.
- Perturbaciones imputables a desechos o residuos, tanto de origen urbano como industrial.
- Deterioro y mala gestión del patrimonio histórico-cultural.

2.3.2. Términos mezclas de concreto

Mezclas de concreto

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (Polanco, 2012).

Según el ACI 2012, el concreto es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

En Rivva (1998), se define al “concreto como un material artificial compuesto, el cual consiste en un medio ligante, denominado pasta, donde se encuentran embebidas partículas de un medio denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del cemento y el agua”. (Zamora, 2014, p.29).

Dosificación de mezclas

Según el “Manual de Construcción para Maestros de Obra” (Corporación Aceros Arequipa S.A.), dosificación quiere decir, utilizar la cantidad apropiada de cada uno de los ingredientes que se echarán a la mezcladora para elaborar el cemento. Dichas cantidades deben proporcionarle al concreto las características que indican los planos estructurales. Los criterios mínimos a tenerse en cuenta en la dosificación de los ingredientes del concreto son:

- Consistencia requerida del concreto.
- Resistencia a la compresión especificada en el plano.

Cemento

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. (RNE, 2006).

Cemento Portland

Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1 % en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (RNE, 2006).

Según NTP 334.009, el cemento se define como un aglomerante hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio con una adición de yeso u otro material durante la molienda.

Agregado

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma ITINTEC 400.037. (RNE, 2006).

Agregado fino

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la NPT 400.037. (RNE, 2006).

Agregado grueso

Agregado retenido en el tamiz ITINTEC 4,75 mm (Nº 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la NPT 400.037. (RNE, 2006).

Arena

Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas. NPT 400.037. (RNE, 2006).

Concreto simple

Concreto que no tiene armadura de refuerzo o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje especificado para el concreto armado. (RNE, 2006).

Muro

Elemento estructural, generalmente vertical empleado para encerrar o separar ambientes, resistir cargas axiales de gravedad y resistir cargas perpendiculares a su plano proveniente de empujes laterales de suelos o líquido. (RNE, 2006).

Aditivo

Material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico que se usa como ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente, antes o durante su mezclado. Los aditivos a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla, son componentes importantes cuyo uso se generaliza cada vez más en las mezclas concretas. (Zamora, 2014).

Mitigación

Las medidas de mitigación ambiental, representan el conjunto de intervenciones humanas que buscan reducir los gases de efecto invernadero (GEI) o mejorar sus sumideros; las medidas de mitigación, es una acción o conjunto de acciones adoptadas por actores estatales y no estatales que tienen por objeto reducir o remover los gases de efecto invernadero. (MINAM, 2015).

Atributos ambientales

Según Conesa (1993), la matriz de importancia, permite identificar y tener una valoración cualitativa de una EIA, y donde se tendrá el nivel de impacto según cada símbolo y código, como se indica de la siguiente manera:

- **Naturaleza:** El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre las distintas factoras consideradas. El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado produce una mejora de la calidad ambiental de este último.
- **I:** Importancia del impacto
- **Intensidad o grado probable de destrucción (i):** Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 una afección mínima.
- **Extensión o área de influencia del impacto (EX):** Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto.
- **Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto (MO):** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_i) sobre el factor del medio considerado.
- **Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto (PE):** Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la

acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.

- **Reversibilidad (RV):** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.
- **Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples (SI):** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea
- **Acumulación o efecto de incremento progresivo (AC):** Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.
- **Efecto (EF):** Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
- **Periodicidad (PR):** La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).
- **Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos (MC):** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad

de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

Plásticos

Existen muchos tipos de plásticos aunque el mercado está dominado por cuatro tipos principales : polietileno (PE) (ej.: bolsas de plástico, láminas y películas de plástico, contenedores (incluyendo botellas), micro esferas de cosméticos y productos abrasivos); polyester (PET) (ej.: botellas, envases, prendas de ropa, películas de rayos X, etc.); polipropileno (PP) (ej.: electrodomésticos, muebles de jardín, componentes de vehículos, etc.); y cloruro de polivinilo (PVC) (ej.: tuberías y accesorios, válvulas, ventanas, etc.). (Plásticos en los océanos, Greenpeace).

El término Plástico, en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales. (Muñoz 2012).

Residuos urbanos

Son residuos producidos por habitantes urbanos, comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas. (Vesco 2006).

Según la Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos, (Congreso de la República, 2000), son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado

sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos.
- Segregación en la fuente.
- Reaprovechamiento.
- Almacenamiento.
- Recolección.
- Comercialización.
- Transporte.
- Tratamiento.
- Disposición final.

Poliétileno-Tereftalato

El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64 % de petróleo, 23 % de derivados líquidos del gas natural y 13 % de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol. El PET se hace combinando el ácido tereftálico y el etilenglicol. (Secretaría de Medio Ambiente de México).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El diseño de investigación desagrega tres tipos: es descriptiva en la fase de evaluación el estado situacional de los residuos PET en la ciudad de Tacna; es cuasi experimental porque se diseñaron dosificaciones en base a parámetros normativos para concretos y de correlación de sus resultados de pruebas con adición de residuos PET; y es prospectiva porque se demuestra en la factibilidad del uso del plástico PET reciclado, para mitigar la contaminación ambiental en los espacios públicos de la ciudad de Tacna.

3.2. Población y muestra

a) Población

La población se refiere a las veces que se estiman para generar 69 pruebas de concreto en probetas con tres tipos de mezclas que se desagregan en:

- 03 briquetas con 0 % de residuo PET (Muestra base o patrón 6")
- 03 briquetas con 5 % de residuo PET (6")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (6")
- 03 briquetas con 15 % de residuo PET (6")
- 03 briquetas con 0 % de residuo PET (Muestra base o patrón 4")
- 03 briquetas con 8 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 12 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 0 % de residuo PET (Muestra base o patrón 4")
- 03 briquetas con 8 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 12 % de residuo PET (4")

- 03 briquetas con 0 % de residuo PET (Muestra base o patrón 4")
- 03 briquetas con 8 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 12 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 0 % de residuo PET (Muestra base o patrón 6")
- 03 briquetas con 8 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 12 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 8 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 10 % de residuo PET (4")
- 03 briquetas con 12 % de residuo PET (4")

Adicionalmente y fuera de la muestra, se fabricaron 69 bloques de concreto, correspondiente a cuatro tipos de ensayos, utilizando proporciones de mezclas utilizadas en probetas, y poder exponer tangiblemente una relación entre el plástico utilizado en dichos bloques, y su materialización de uso, como es en el caso de una construcción.

b) Muestra

Se trabajó con la población, que se describe en el Ítem 3.2, a), y que representan el total de la población de las 69 probetas, siendo la muestra real para fines de pruebas estadísticas, un total de 15 muestras de probetas, en razón que, a los 28 días de curado, se logró la máxima resistencia por cada una.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Identificación de las variables

Dentro del proceso metodológico, el identificar las variables, permite planificar los métodos que posibilitan medir las variables de la investigación, y luego seleccionar y definir los instrumentos de obtención de datos, tanto de

campo (acopio de agregados, traslados, tamizados, fabricación de probetas, pruebas de laboratorio, otros) y la validación de resultados.

Variable independiente (VI)

Reciclado de residuos plásticos PET. Esta variable se obtiene con el reciclado de la cantidad de residuos PET en la ciudad de Tacna en toneladas y/o kilogramos por año.

Variable dependiente (VD)

Dosificación de mezclas de concreto. Esta variable determina la resultante de resistencia de concretos en kg/cm^2 .

3.3.2. Definición de las variables

Se conjuga la relación coherente entre el problema, la formulación de objetivos y las hipótesis de donde se desagregan las variables dependientes e independientes y los consiguientes métodos de medición, y el desagregado de los indicadores que comprueben la validez de datos y de causa efecto.

3.3.3. Operacionalización de las variables

Se desprende de la matriz de consistencia y expresa el marco operativo, consiguiente a la misma para la ejecución de acciones en la operacionalización sobre indicadores y muestras según cada variable.

| VARIABLES | INDICADORES | MUESTRA |
|--|--|--|
| Reciclado de Residuos Plásticos PET (VI) | Volumen de Residuos Generados | <ul style="list-style-type: none"> • Toneladas promedio de residuos PET por mes. • Número de especímenes de concreto (probetas). |
| Dosificación de Mezcla de Concreto (VD) | % de Residuos Plásticos PET en dosificación, respecto al peso de materiales. | |
| Variables Especificas | Indicadores Específicos | Muestra |
| Reciclado de Residuos Plásticos PET (VI) | Volumen Reciclado de Residuos Plásticos PET. | Toneladas promedio de residuos PET reciclados por mes/año, en la ciudad de Tacna en los años 2016,2017 y 2018 |
| Impacto ambiental de residuos plásticos PET (VD) | Grado de impacto por volúmenes no reciclados de residuos plásticos PET | |
| Reciclado de Residuos Plásticos PET (VI) | Volumen Reciclado de Residuos Plásticos PET. | Número de pruebas de especímenes de (probetas) por tipos de dosificación de mezclas de concreto |
| Resistencia a la compresión de concretos (VD) | Resistencia en kg/cm ² . a la compresión, a los 7, 14 y 28 días en concretos. | |
| Reciclado de Residuos Plásticos PET (VI) | Volumen Reciclado de Residuos Plásticos PET. | Cantidad de m ³ de concreto, generados en mezclas de concreto, con adición de Residuos Plásticos PET |
| Mitigación con proporciones de uso de residuos plásticos PET por unidades de concreto (VD) | Kilogramos de Residuos Plásticos PET por unidades de concreto fabricado | |

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1. De las variables

Variable independiente

Dosificación de mezclas con residuos plásticos PET: Se aplicó dentro de las técnicas conocidas, la de observación de los resultados procesados en base a información de segregación y volúmenes de residuos PET alcanzados por la municipalidad provincial de Tacna, y adicionados en mezclas de concreto en los rangos de prueba porcentual del orden del 8, 10 y 12 %, y en sustitución de agregado fino en dicha dosificación. Para el diseño de la dosificación de mezclas se usaron formatos para el registro de: tamizados de agregados y plásticos, pesos unitarios de materiales y agregados (suelos y compactados), pesos específicos, granulometrías, contenidos de humedad y absorción.

Variable dependiente

Resistencias de mezclas de concreto: Se compatibilizó los resultados de resistencias de probetas y ensayos con las normas técnicas peruanas y referentes internacionales; para llevar los resultados se elaboraron formatos para el registro de: pesos de probetas en fresco y seco, resultados de roturas de muestras y medidas de resistencia de compresión, resultados de características físico mecánicas de probetas.

3.4.2. Registro documental

Conlleva a la búsqueda de información tanto dentro del marco real, como en las bases bibliográficas, y contrastando ellos con las metas y objetivos de investigación, realizando análisis estadísticos y sistematización de dicha información y el registro codificado de las bases teóricas.

Las vías para la obtención de información fue la tramitación y gestión ante entidades públicas y privadas para tener las cantidades de PET generado en Tacna a nivel mensual y anual, y los volúmenes de venta igualmente mensuales o anuales por las empresas distribuidoras en la región; igualmente la búsqueda bibliográfica en bibliotecas universitarias, y sitios informáticos de páginas web de internet.

3.4.3. Instrumento de recolección de datos

Registros de notas: Para registrar el acopio de información, normatividad y legislación, base de datos, entrevistas, esquemas y gráficos y opinión técnica especializada.

Registro fotográfico: Registros fotográficos de los estados situacionales del plástico en espacios públicos y de campo, procesos de mezclado, de resultados de laboratorio, y de otros afines.

Soporte informático: La sistematización de datos de procesos, análisis de resultados y estadísticos se llevó con programas de micro office, SPSS, Minitab 18, otros.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Identificación del impacto ambiental

El tema de este capítulo implica instalar el proceso dentro de la metodología normativa en cuanto a los PIGARS Tacna, y que la municipalidad lo considera en el respectivo plan indicado para el período 2014-2021, dentro de un circuito previo a la ejecución de proyectos, como es el programa de segregación de residuos sólidos, puesto en marcha desde el año 2016; esta metodología se basa en la definición de siete pasos que van desde la diagnosis, estrategias y acciones de ejecución, donde se instalan las acciones que según el INEI, sería el paso 7, en cuanto a proyectos y monitoreo, como se indica en la Figura 26, y representa el contexto donde se ubica la problemática del plástico PET en Tacna y cuya acción sería la relación a existir entre el PIGARS Tacna y programas de segregación, para obtener los insumos plásticos, para su uso en mezclas de concreto. (PIGARS Tacna, 2014).

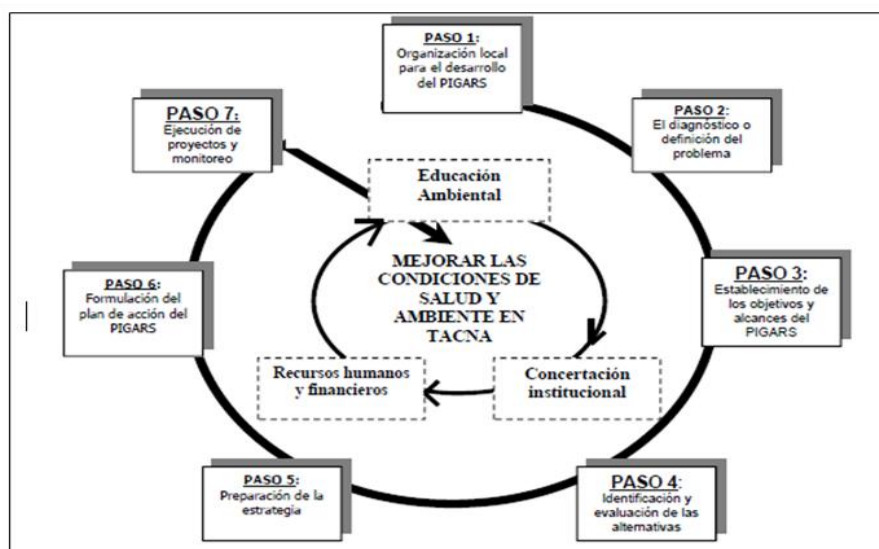


Figura 25. Metodología para la formulación de PIGARS

Fuente: (PIGARS, 2014).|

Para la identificación de los impactos ambientales que generan los residuos plásticos PET en Tacna, se ha tomado las referencias alcanzadas por la Municipalidad Provincial de Tacna, y cuya actualización está en el PIGARS 2014-2021, donde el promedio de crecimiento, según el INEI, es del 1,5 %, entre el año 2012 al año 2015, y que desagrega la población departamental, provincial y distrital. (Figura 27). (PIGARS Tacna, 2014).

| POBLACIÓN ESTIMADA AL 30 DE JUNIO, POR AÑOS CALENDARIO Y SEXO, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, 2012-2015 | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| UBIGEO | DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO | 2012 | | | 2013 | | | 2014 | | | 2015 | | |
| | | Total | Hombre | Mujer | Total | Hombre | Mujer | Total | Hombre | Mujer | Total | Hombre | Mujer |
| 230000 | TACNA | 328 915 | 170 466 | 158 449 | 333 276 | 172 655 | 160 621 | 337 583 | 174 813 | 162 770 | 341 838 | 176 941 | 164 897 |
| 230100 | TACNA | 302 852 | 155 588 | 147 264 | 307 608 | 157 988 | 149 620 | 312 311 | 160 359 | 151 952 | 316 964 | 162 701 | 154 263 |
| 230101 | TACNA | 91 847 | 46 429 | 45 418 | 89 707 | 45 308 | 44 399 | 87 496 | 44 151 | 43 345 | 85 228 | 42 966 | 42 262 |
| 230102 | ALTO DE LA ALIANZA | 38 900 | 19 957 | 18 943 | 39 030 | 20 028 | 19 002 | 39 123 | 20 079 | 19 044 | 39 180 | 20 111 | 19 069 |
| 230103 | CALANA | 3 055 | 1 679 | 1 376 | 3 102 | 1 703 | 1 399 | 3 146 | 1 726 | 1 420 | 3 189 | 1 748 | 1 441 |
| 230104 | CIUDAD NUEVA | 37 471 | 19 157 | 18 314 | 37 573 | 19 182 | 18 391 | 37 639 | 19 189 | 18 450 | 37 671 | 19 177 | 18 494 |
| 230105 | INCLAN | 6 205 | 3 689 | 2 516 | 6 670 | 3 975 | 2 695 | 7 162 | 4 278 | 2 884 | 7 684 | 4 600 | 3 084 |
| 230106 | PACHIA | 2 032 | 1 069 | 963 | 2 010 | 1 044 | 966 | 1 987 | 1 018 | 969 | 1 964 | 992 | 972 |
| 230107 | PALCA | 1 653 | 923 | 730 | 1 659 | 927 | 732 | 1 664 | 931 | 733 | 1 669 | 935 | 734 |
| 230108 | POCOLLAY | 20 189 | 10 619 | 9 570 | 20 566 | 10 812 | 9 754 | 20 929 | 10 997 | 9 932 | 21 278 | 11 174 | 10 104 |
| 230109 | SAMA | 2 586 | 1 508 | 1 078 | 2 592 | 1 511 | 1 081 | 2 598 | 1 514 | 1 084 | 2 604 | 1 517 | 1 087 |
| 230110 | CORONEL GREGORIO ALBARRACIN LANCHIPA | 98 914 | 50 558 | 48 356 | 104 699 | 53 498 | 51 201 | 110 567 | 56 476 | 54 091 | 116 497 | 59 481 | 57 016 |

Figura 26. Población total y desagregada de Tacna 2012 al 2015.

Fuente: (PIGARS, 2014).

Para efectos de la investigación, se considerará la población provincial, y su respectivo porcentaje en cada año expuesto por el INEI (Figura 26), en razón de ser el área de impacto inmediato en el manejo de los residuos plásticos PET en Tacna. Aplicando la fórmula:

$$P = P_0 (1+i)^t \quad [2]$$

Donde: P: Población resultante

P₀: Población inicial

i : Tasa de crecimiento en %

t : Periodo en años

Para el cálculo poblacional, según la tasa de crecimiento (promedio 1,5 %) y los años proyectados, se tendrá la población al 2018, y saber cuánto es el potencial generado de plásticos PET, tomando cuenta que la MPT al 2013 tiene un diagnóstico de las toneladas de residuos generados que se exponen en la Figura 28, y además de mostrar que el PCP (kg/hab./día) es de promedio de 0,50 kg/hab./día.

Cuadro 1

Estimado de Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (2013)

| Distrito | Población (hab.) | Ppc (kg/Hab/día) | Generación Domiciliaria (Ton/día) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| TACNA | 89 707 | 0,50 | 44,85 |
| ALTO DE LA ALIANZA | 38 459 | 0,37 | 13,883 |
| CIUDAD NUEVA | 34 231 | 0,74 | 25,296 |
| POCOLLAY | 16 193 | 0,55 | 8,90 |
| GREGORIO ALBARRACIN L. | 104 699 | 0,38 | 40,10 |
| PALCA | 1 659 | 0,40 | 0,098 |
| CACHIA | 1 945 | 0,39 | 1,00 |
| CALANA | 2 650 | 0,18 | 0,60 |
| INCLAN | 4 658 | 0,46 | 1,35 |
| TOTAL | 294 201 | 0,50 (prom) | 136,08 |

Fuente: (PIGARS, 2014).

Para la identificación de los impactos ambientales que generan los residuos plásticos PET en Tacna, se ha tomado la base de una metodología de carácter cuantitativa y que se aplica en base a la variable independiente sobre la presencia de residuos plásticos en los espacios urbanos y rurales y a modo práctico se aplica igualmente la matriz de Leopold, y que se desarrolla en la metodología ambiental según la cita Conesa (2010).

En Machaca (2018), se explica que la complementación del análisis cuantitativo sería un análisis matricial cualitativo que se basa en la interacción

de las actividades y los factores ambientales que concurren según sea el caso, y de la valoración asignada según los atributos mencionados en las bases teóricas, y determinar el impacto ambiental respectivo, relacionado a los atributos estudiados y expuestos en el Capítulo II.

Igualmente, tomando como referencia la valoración por cada uno de los grados de impacto, según el Cuadro 2, se expone el valor del estado ambiental negativo sin aplicar estrategias y/o medidas de mitigación en la sobre exposición del plástico estimada en la ciudad de Tacna, y luego contrastar ello con la aplicación valorativa de estrategias para mitigar lo negativo de dicha sobre exposición.

Cuadro 2
Valoración de impacto.

| Valor de Impacto Ambiental (-13 y -100) | Grado de impacto | Significado |
|---|------------------|--|
| $-13 \geq IM \geq -25$ | Irrelevantes | La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto o actividad en cuestión |
| $-26 \geq IM \geq -50$ | Moderados | La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas, porque pueden ser mitigados y/o recuperados. |
| $-51 \geq IM \geq -75$ | Severos | La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado |
| $-76 \geq IM \geq -100$ | Críticos | La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna. |

Fuente: (Machaca, 2018).

Matriz de impacto ambiental

Esta matriz se aplica en base a la valoración cualitativa, y se basa en parámetros de dimensionamiento del impacto ambiental; se materializa en una matriz de identificación de impactos, y que toman como base la metodología de Conesa (2010), citado por Machaca (2018); la base de la matriz base se observa en el Cuadro 3.

Según Conesa (2010), y citado por Machaca (2018), la valoración resultante se da en función de la ponderación realizada con y sin estrategias, y en el supuesto de tener éxito en los niveles de gestión en el manejo de los residuos sólidos en la ciudad.

Los factores ambientales o componentes ambientales están definidos básicamente por cuatro factores y/o componentes básicos:

- Factores físicos: Aire, agua y suelo
- Factores bióticos: Flora y fauna
- Factores socioeconómicos: Salud y aspectos social
- Factores de interés humano: Paisaje

La matriz permite determinar el índice de importancia (IM) del impacto, luego de cotejar el estado situacional, y nos expresa en esta etapa el estado ambiental sin estrategias y en valor negativo, según sea el caso.

Cuadro 3

Matriz causa - efecto (cálculo de impactos).

| Factores Ambientales | F ₁ | F ₂ | F... | F _n |
|----------------------|------------------------|------------------------|------|------------------------|
| Acciones/Actividades | | | | |
| A ₁ | <i>I</i> ₁₁ | <i>I</i> ₁₂ | | <i>I</i> _{1n} |
| A ₂ | <i>I</i> ₂₁ | <i>I</i> ₂₂ | | <i>I</i> _{2n} |
| A... | | | | |
| A _i | <i>I</i> _{i1} | <i>I</i> _{i2} | | <i>I</i> _{in} |
| A _m | <i>I</i> _{m1} | <i>I</i> _{m2} | | <i>I</i> _{mi} |

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Procesos de fabricación de probetas

a) Procesos

Proceso 1: Describe el proceso para la elaboración de la mezcla base o patrón o muestra testigo, y que va desde el acopio de los materiales, uso de equipos, diseño (dosificación) y elaboración de mezclas, fabricación de probetas, curado y fraguado, y pruebas de compresión y resistencia de las mismas (Ver Figura 29).

Proceso 2: Describe el proceso para la elaboración de la mezcla con el uso de residuos PET en su dosificación y el uso de un aditivo o ligante, y que va desde el acopio de los materiales, uso de equipos, diseño (dosificación) y elaboración de mezclas según porcentajes de PET, fabricación de probetas, curado y fraguado y pruebas de compresión y resistencia de las mismas (Ver Figura 30).

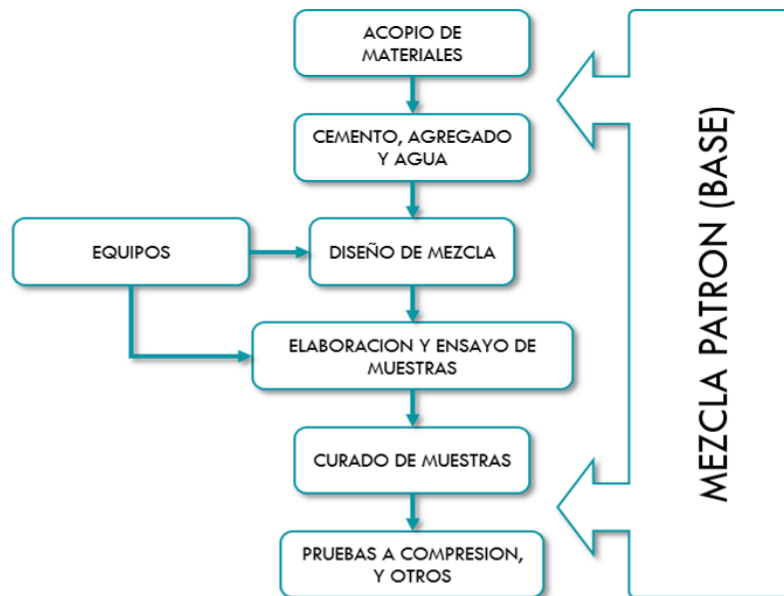


Figura 27. Proceso para obtener mezcla base o patrón

Fuente: Elaboración propia.

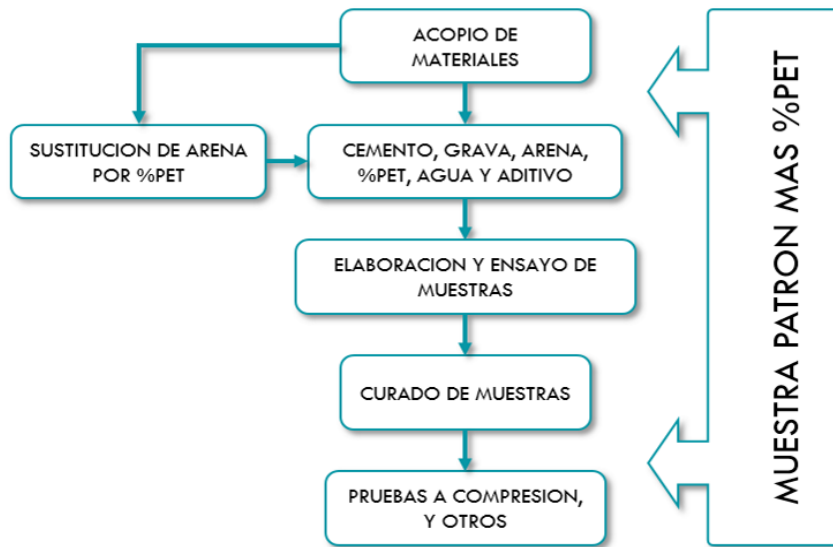


Figura 28. Proceso para obtener mezcla base o patrón, más PET

Fuente: Elaboración propia

b) Materiales para fabricación de probetas

Los materiales expuestos son los obtenidos para los dos procesos indicados y se desagrega en lo siguiente:

Agregados

Los agregados fueron obtenidos en la Cantera Arunta, ubicada en la zona sur de la ciudad de Tacna y que está autorizada en su explotación de agregados por sectores públicos como son la municipalidad provincial de Tacna y el sector de energía y cuya localización dentro del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa; la ubicación de dicha cantera. Estos agregados extraídos en estado de hormigón, fueron pasados por tamizados para conseguir la granulometría estimada. Otra parte de los agregados grueso y fino se compraron en bolsas separadas en empresas comercializadoras de agregados en el sector sur de la ciudad de Tacna; la localización de la cantera indicada, está dada por las coordenadas UTM indicadas en la Figura 29.



Figura 29. Localización de cantera Arunta, de extracción de agregados
 Fuente: Elaboración propia

La ubicación de lugar de cantera y agregados semi preparados se observa en la Figura 30.



Figura 30. Zona de extracción de agregados
 Fuente: Elaboración propia

Se continuó con acopiar los siguientes materiales como:

Cemento

Se utilizó el cemento Portland Tipo IP, los de 42,5 kg, para las mezclas base o patrón y para las mezclas con adición de PET.

Agua potable

Obtenida de las redes domiciliarias y de la dotación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y la cual se verificó que esté libre de sustancias orgánicas e impurezas

Aditivo plastificante

En la mezcla con adición de PET se utilizó un aditivo plastificante disponible en el mercado, denominado CHEMAWELD que es una emulsión de resinas acrílicas que mejora la adherencia entre morteros nuevos y antiguos, cemento, yeso, estuco, etc. así como para unir enchapes sobre enchapes antiguos, sin necesidad de retirarlos. En morteros y concreto es ideal para la confección de mortero con una buena adherencia y resistencia al agua.

Dentro de algunas características se puede mencionar su apariencia líquida, color blanco, densidad 3,87 kg/gal \pm 0,05, pH: 7,0 – 8,0, viscosidad 50,0 – 54,0 KU y soluble en agua. Su rendimiento como puente de adherencia es de 10 -12 m²/gal, como aditivo en mortero rinde 1 gal por bolsa de cemento, y como mejorador de la lechada rinde 95 m²/gal, y sujetos a variación, en laboratorio o en obra.

Residuo plástico PET

Es plástico derivado del petróleo, denominado Tereftalato de Polietileno, de aspecto transparente, y químicamente es un polímero que pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres y tiene un alto grado

de cristalinidad; que en la ciudad de Tacna y sirve para la venta de agua y gaseosas (Figura 31).



Figura 31. Materiales básicos para elaborar probetas de concreto

Fuente: Elaboración propia

c) Equipos

Los equipos y herramientas utilizados en la parte operativa de la investigación fueron los siguientes desagregados mostrados en Figura 32:

- Tamices ASTM (3/4", 1/2", 3/8", N°4, 8, 16, 30, 50, 100)
- Balanza con aproximación de 0,1 g.
- Horno.
- Mezcladora y carretilla.
- Cono de Abrams.
- Moldes de probetas de 15 x 30 cm, y de 10 x 20 cm.

- Molde de madera para bloque de concreto 8 x10 x20 cm.
- Prensa universal de compresión. (Especificada en ASTM C 39).



Figura 32. Tipología de equipos e instrumentos utilizados en preparación de mezclas y probetas de concreto.

Fuente: wikipedia.org

d) Procesamiento y métodos en probetas

En base a las teorías y normatividad expuesta en el marco teórico, se desarrolla los procesos y métodos compatibles con el objetivo de elaborar probetas (especímenes) de concreto, para lo cual se verificó dentro la información sobre la problemática ambiental en Tacna en los últimos tres años

para dimensionar la disponibilidad sobre residuos PET que se recicla. El desagregado del proceso es como sigue:

d.1. Acopio de materiales

Se adquirió y gestionó la compra del residuo PET en centros de reciclaje en la ciudad de Tacna; este material se obtuvo en forma de escamas de tamaños irregulares, en un total de 18,0 kg y que se encontraba en su estado a granel con las etiquetas de marca adheridas a dichas escamas, por lo que se procedió a su limpieza y lavado. (Figura 33).



Figura 33. Proceso habilitado de plástico PET

Fuente: Elaboración propia.

Luego se acopiaron los demás materiales como cemento, arena, agua, agregados y aditivos, y que se especificaron al inicio del capítulo.

d.2. Centro de preparados

Para las pruebas de elaboración en dosificaciones y probetas, y pruebas de las mismas, se tomaron los servicios de un laboratorio privado externo, y el laboratorio de Mecánica de Rocas y Concreto de la Facultad de Ingeniería de la UNJBG.

d.3. Diseño de mezclas

d.3.1. Proceso según las NTP.

NTP 339.033: Elaboración y curado de concreto

Esta norma técnica indica el uso de:

- **Aparatos:**

Moldes generales

Moldes cilíndricos

Varilla compactadora

Martillo de goma

Herramientas (pala y cucharón)

Recipiente de muestreo (carretilla o plancha plana)

- **Requisitos del ensayo**

Los especímenes para determinar la resistencia de la compresión o tracción por compresión diametral deben ser cilíndricos, vaciados y fraguados en posición vertical. El número y el tamaño de los cilindros serán establecidos en las especificaciones de los ensayos. Adicionalmente, la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. (NTP 339.033).

- **Moldeo de especímenes**

Lugar de moldeo. Moldear los especímenes rápidamente sobre una superficie nivelada y rígida libre de vibraciones y otras alteraciones en un lugar tan cerca como sea posible a la localización de los ambientes donde serán almacenados.

Vaciado de los cilindros. Mientras se coloca el concreto en el molde se mueve la cuchara alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación. Al colocar la capa final se debe adicionar

una cantidad de concreto de manera de enrasar a sope con el borde superior del molde después de la consolidación.

- **Curado**

Almacenamiento. Los especímenes se colocan en una superficie nivelada. Si los cilindros de los moldes descartables son movidos, se debe levantar el cilindro soportándolo del fondo del molde.

Curado inicial. Inmediatamente después de moldeados y acabados los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48 h en un rango de temperatura de 16 a 27 °C y un ambiente que provenga la pérdida de humedad de los especímenes.

Curado final. Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 minutos después de remover el molde, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente a temperatura de 23 ± 2 °C

- **Transporte de los especímenes al laboratorio**

Los especímenes no deben ser transportados hasta por lo menos 8 horas después del fraguado final. Durante el transporte se deben proteger los especímenes con materiales amortiguadores adecuados para prevenir cualquier daño por golpes o sacudidas.

NTP 339.034 Resistencia a la compresión

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por la división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. Esta norma indica el uso de:

- **Aparatos**

Máquina de ensayo de compresión con verificación de calibración de las máquinas de ensayo al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses, la máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, una de la cuales se asentará sobre una rótula, que le permitirá acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

- **Probetas**

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más de 2 %.

Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartará de la perpendicularidad a los ejes por más de 0,5° (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm)

- **Procedimiento**

Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

Colocación: Colocar el bloque de rotura interior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga esté en cero.

Veicidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s

Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido.

- **Cálculos**

Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada, y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.

La resistencia a la compresión se calcula según la fórmula [3]:

$$RC = P/A \quad [3]$$

Donde:

P = Carga máxima aplicada en kg.

A = Área de la sección transversal en cm^2 .

RC = Resistencia a la compresión del cilindro (probeta) en kg/cm^2 .

NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

El resumen del método es el siguiente:

- **Resumen del método**

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

- **Apartados**

Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g o 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g o 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado.

Agitador mecánico de tamices: Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado.

Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Muestreo**

Tomar la muestra de agregado.

Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo. La muestra para el ensayo será aproximadamente de la cantidad deseada cuando esté seca y deberá ser el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

Agregado grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en el Cuadro 3.

Cuadro 4

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

| Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg) | Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (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 ½) | 15 (33) |
| 50 (2) | 20 (44) |
| 63 (2 ½) | 35 (77) |
| 75 (3) | 60 (130) |
| 90 (3 ½) | 100 (220) |
| 100 (4) | 150 (330) |
| 125 (5) | 300 (660) |

Fuente: Echeverría, 2017.

Agregado global: La cantidad de muestra de ensayo de agregado global será la misma que para la del agregado grueso.

- **Procedimiento**

Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado.

Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (Nº 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro (8 pulgadas) para verificar la eficiencia del tamizado.

En el caso del agregado global, la porción de la muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales; con el fin de facilitar la acción del tamizado.

- **Cálculo**

Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1 % más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75 μm (Nº200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

NTP 400.021. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso; se desagrega en lo siguiente:

- **Resumen del método**

Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 h aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este método de ensayo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción.

- **Aparatos**

Balanza: Sensible a 0,5 g y con capacidad de 5 000 gramos o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.

Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor, también se puede utilizar un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4 L a 7 L para tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1½ pulgadas) o menores, y un cesto más grande como sea necesario para ensayar agregados con tamaños máximos mayores. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.

Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

Tamices: Un tamiz normalizado de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños como sean necesarios, de acuerdo a la NTP 350.001.

Estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

- **Muestreo**

Mezclar la muestra y reducirla aproximadamente a la cantidad necesaria. Descartar todo el material que pase el tamiz 4,75 mm (N° 4) por tamizado seco y luego lavar el material para remover polvo u otras impurezas superficiales. Si el agregado grueso contiene cantidades importantes de material más fino que el tamiz 4,75 mm (No. 4) (tales como tamaños No. 8 y 9 – considerados en la Clasificación de la ASTM D 448), usar el tamiz 2,36 mm (No. 8) en vez del tamiz 4,75 mm (No. 4). Alternativamente, separar el material más fino que el tamiz 4,75 mm y ensayarlo de acuerdo a la NTP 400.022.

- **Procedimiento**

Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 h a 3 h para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1½ pulgadas) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Cuando los valores de peso específico y la absorción, van a ser usados en el proporcionamiento de mezclas de hormigón (concreto), en los cuales los agregados van a ser usados en su condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminada y, si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 h puede ser eliminado.

Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en

fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g o al 0,05 % del peso de la muestra, la que sea mayor.

Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$, densidad $997 \pm 2\text{ kg/ m}^3$. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.

Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura de ambiente, durante 1 h a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómodo al tacto (aproximadamente 50°C) y se pesa.

- **Cálculos**

Los cálculos para tener los resultados de las siguientes pruebas se desagregan en lo siguiente:

Peso específico: Se determina según la fórmula [4]:

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

Absorción (Ab): Se determina según la fórmula [5]:

$$Ab, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad [5]$$

- **Reporte**

Reportar el resultado del peso específico con aproximación a 0,01, e indicar el tipo de peso específico, ya sea de masa, saturado superficialmente seco o aparente.

Reportar el resultado de absorción con aproximación a 0,1 %.

NTP 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams

- **Resumen**

Se coloca una muestra del concreto fresco compactada y varillada en un molde con forma de cono trunco, el molde es elevado permitiendo al concreto desplazarse hacia abajo. La distancia entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se reporta como el asentamiento del concreto.

- **Apartados**

Molde (cono de Abrams): el molde está constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1,5 mm y su forma es la de un tronco de cono abierto en sus extremos.

Barra compactadora: una barra de acero lisa de 16 mm (5/8 pulgadas) de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica.

- **Procedimientos**

Moje el molde y colóquelo sobre una superficie plana no absorbente. Se mantiene inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente se llena vaciando el hormigón en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.

Cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiera una deficiencia de material, se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procede a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical. Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

En caso de que se presente una falla por corte, este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

- **Resultados**

La consistencia del hormigón se establece por el asentamiento el que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y la expresada en centímetro o en pulgadas.

d.3.2 Método ACI

Se determinó un estudio de mezcla básica en concreto ciclópeo, es decir no estructural, determinándose una mezcla base o patrón de 100 kg/cm², y a partir de la cual se iba ir substituyendo parte de los agregados con residuos de PET, para el diseño de mezclas se utilizó el método ACI 211.

Este método, creado por la American Concrete Institute (ACI), que es una autoridad líder y de recursos a nivel mundial para el desarrollo y la distribución de las normas basadas en el consenso, los recursos técnicos, programas educativos, y probada experiencia para los individuos y organizaciones que ejecutan diseños de concretos y de hormigón en cuanto a pesos y/o volúmenes con respecto a las arenas y gravas.

Se aplica para el diseño de mezclas, lo expuesto por Vizconde (2017), según el método ACI, que en un primer término expone las limitaciones a considerar en las características de mezcla y concreto a probar, como las referentes a: relación agua/cemento, contenido de cemento y aire, asentamiento, tamaño máximo del agregado grueso, resistencia en compresión mínima, uso de aditivos, entre otros; estas características a cumplir en su factibilidad de ser el caso, son seleccionadas y determinadas en tamaños, volúmenes, pesos y contenidos, y poder lograr el concreto especificado como se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Proceso general para obtención de concreto especificado
Fuente: (Vizconde, 2017).

De la base teórica del método, expuesto por Vizconde (2017), se resumen los siguientes pasos a seguir para el diseño de mezclas:

Paso 1. Elegir la resistencia de una mezcla de $f'c = x \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad.

Paso 2. Conocer el tamaño máximo de la grava.

Paso 3. Calcular el aire atrapado, si es que se trabaja un concreto sin aire incluido.

Paso 4. Elegir en las tablas la relación agua / cemento necesario para producir una resistencia deseada de concreto sin aire incluido.

Paso 5. En base a la información obtenida en los pasos 3 y 4, calcular el consumo de cemento.

Paso 6. De las tablas se estima la cantidad de grava; para un módulo de finura de acuerdo a nuestro ensayo.

Paso 7. Conociendo los consumos de agua, cemento y grava, el material restante que completa un metro cúbico de concreto, debe consistir en arena y aire que pueda quedar atrapado.

Paso 8. La cantidad de agregado fino (arena) se determina realizando en este caso, la suma de los volúmenes de los demás componentes conocidos, se resta

del volumen unitario del concreto para obtener el volumen del agregado fino, multiplicando el volumen determinado de la arena por su densidad se obtiene la cantidad de la arena.

Paso 9. Por último, se hace la corrección por humedad y absorción.

3.5.3 Método general para calcular mitigación

La metodología general para dimensionar el nivel de mitigación a los impactos negativos del plástico PET en Tacna, se basa tres pasos:

a) Paso 1:

En las resultantes de las cantidades generadas por los procesos de recolectado de PET por año, y la deducción de cantidad de población que genera dichas cantidades bajo el módulo de 0,50 kg/hab/día.

b) Paso 2:

Determinación de la cantidad de kg/m³ de plástico PET, según sea el tipo de mezcla con 8, 10 o 12 % de residuo plástico en escamas, resultante en las pruebas de resistencia a compresión en probetas y bloques de prueba.

c) Paso 3:

Dimensionamiento de la cantidad proyectada de m³ producidos por tipos de mezclas de concretos, según porcentaje de residuos plásticos PET reutilizados, en función de la población generadora de dicho residuo en la provincia de Tacna por día. Con ello se dimensionará en forma tangible, y según propuesta de mampostería aplicada a una vivienda modulada con bloques de concreto, la cantidad por m² de kg de PET reciclado, en muros de cabeza o de ancho de 0,20 m, según tipo de mezcla y dosificación.

CAPÍTULO IV

MARCO FILOSÓFICO

4.1. Hábitat y naturaleza

El término *hábitat* se resume de las bases teóricas, está íntimamente relacionada a la ecología, y toma una dimensión espacial en términos comunes como el lugar para habitar un organismo o población determinada, lo cual resume una posición de que el *hábitat* sería solo un espacio delimitado; otra variable asociada a lo indicado, es la temporalidad, y sobre el escenario que oferta la naturaleza para sobrevivir biológica y socialmente. Aquí el *hábitat* toma una dimensión global en cuanto que éste constituye la dimensión ambiental en la que se produce la relación entre sociedad y naturaleza. (López, 2003).

En este contexto, los ecosistemas son los espacios donde se miden los impactos y aquí el estudio se orienta a exponer una opción para que la biodiversidad en los ecosistemas, sobre todo el acuático, no sea contaminado por los residuos plásticos PET. Se observa que las pruebas del declive de la diversidad biológica a nivel mundial («biodiversidad») son irrefutables, donde los indicadores de las presiones en los ecosistemas, que contienen la biodiversidad, van en aumento. Informe TEEB – Informe sobre la economía de los ecosistemas y la biodiversidad para las empresas. (Bishop et al. 2010, p. 9).

El tema posiciona los tres aspectos básicos que rigen el destino del planeta en cuanto a procesar los residuos o su reciclaje adecuado, como son NATURALEZA, HOMBRE Y SOCIEDAD, y donde la proliferación de los residuos plásticos PET, está tomando dimensiones inmanejables a nivel mundial, por ello el estudio presenta una alternativa de mitigación, al definir el problema, dimensionarlo, y proponer una solución alternativa.

4.2. Crisis ambiental y sociedad

Según el Informe Anual 2011, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), indica que la crisis del planeta se da por el “calentamiento global, la contaminación, la explotación de los recursos naturales” [...]. “En consecuencia, el grado de importancia que asume hoy y la indivisibilidad de los problemas sociales y ecológicos, deviene en crisis eco social” (p. 255). Esta realidad, que no genere sinergias para no adoptar una actitud pasiva con relación a no prevenir el colapso de ecosistemas y la vida humana en sí, y por ende la vida en el planeta. Esta motivación debe servir para elevar el conocimiento y las posiciones políticas, ideológicas y filosóficas sobre el futuro que se avecina. (Gómez, F. & Taeli, R., 2015).

4.3. Desarrollo sostenible y modernidad

Los sistemas económicos en el mundo actual, implican deducir que los volúmenes extractivos de recursos están siendo muy altos, así como los niveles de consumo de energías no renovables, como es el caso del petróleo; las petroquímicas, que son las empresas dedicadas a la producción de plásticos en general, tiene serios contrastes de tipo ambiental y social sobre los impactos generados desde los centros de producción, hasta los resultados pos consumo de los mismos. Actualmente “solo el 2,7 % de la matriz energética está compuesta por recursos energéticos renovables (RER), cuando existen más de 16 proyectos para aumentar dicho número en el interior del Perú”. (CONEXIONESAN, 2018, P. 1).

4.4. La relación entre el medio ambiente, la sociedad y la economía

El tema centra una dicotomía entre lo ilimitado y limitado entre la satisfacción de necesidades y la extracción de recursos respectivamente; es decir, en la teoría estudiada, se reafirma que generalmente los recursos son

escasos, y su sobre explotación por la intensiva de los mismos, avisa sobre riesgos y situaciones inmanejables sobre los entornos naturales y sociales, lo que sustenta la articulación entre sociedad, medio ambiente y economía, y que en los desbalances de dicha articulación asoman los riesgos naturales, motivados y generados por las actividades económicas, muchas veces intensivas, como las extracciones mineras informales o emplazamientos fabriles incompatibles con los usos de suelo residenciales. De estos procesos, es inevitable exponer que estos desencadenan desbalances ambientales, muchas veces con altos niveles tóxicos, y los espacios de impacto son directamente los ecosistemas (suelo, agua y aire), y como en el caso de la tierra, las intensivas actividades económicas, terminan por degradarlas por su adyacencia territorial según sea el caso, por lo cual la base productiva agraria es impactada negativamente. (Velarde, 2013).

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Valoración del impacto ambiental

Se considera para ello, básicamente lo observado en campo y de la base teórica sobre la matriz de Leopold y la metodología Conesa (2010), se tiene los siguientes resultados en cuanto a impacto de los residuos en la ciudad de Tacna.

5.1.1 Concentración espacial de residuos

Se observa la localización de nueve centros de concentración de residuos sólidos urbanos en la ciudad, (Ver Figura 35), y que en su mayor porcentaje tiene como destino final el botadero municipal, ubicado en el cono norte de la ciudad, y donde forman parte, los residuos plásticos PET.

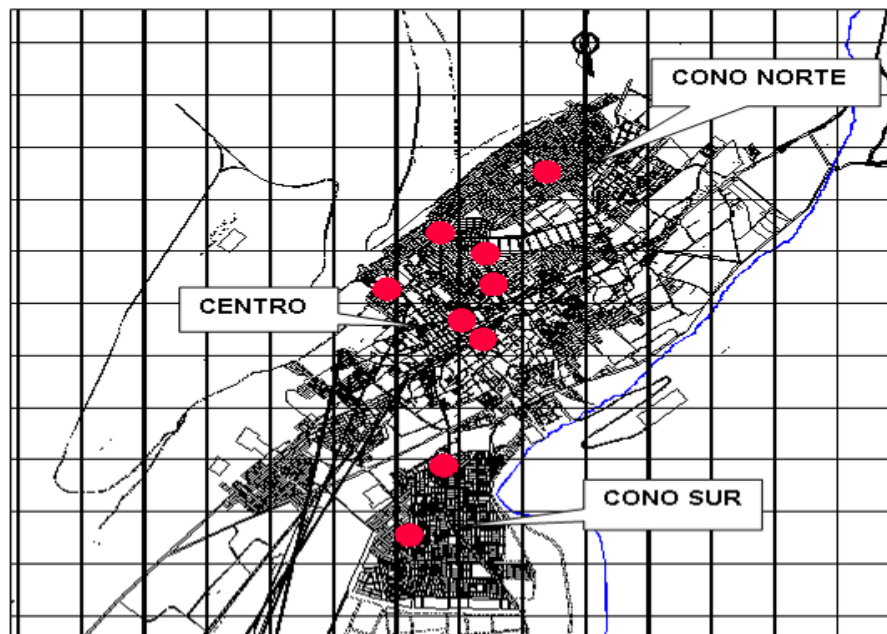


Figura 35. Localización de concentración de residuos expuestos en Tacna.

Fuente: Elaboración propia.

Esta localización de residuos y los que se instalan en otros espacios y contextos, exponen el siguiente resultado de la ejecución del programa de segregación de residuos sólidos, y su relación con el porcentaje deducido de PET, expuestos en el Cuadro 5

Cuadro 5

Residuos Sólidos - RRSS según PIGARS Tacna y MPT.

| Fecha | PET RRSS (kg) | Otros RRSS (kg) | Total RRSS (kg) | PET RRSS (%) | Otros RRSS (%) | Total RRSS (%) |
|-------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 2016 | 38 410,80 | 95 242,90 | 133 653,70 | 28,7 | 71,3 | 100 |
| 2017 | 65 340,00 | 136 820,00 | 202 160,00 | 32,3 | 67,7 | 100 |
| 2018 | 47 502,64 | 112 170,97 | 159 673,61 | 29,7 | 70,3 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Valoración del impacto ambiental

Aplicando las bases teóricas y la metodología de Conesa (2010), y la contrastación con lo observado en la sobre exposición de los residuos PET en el impacto espacio urbano territorial de Tacna, cuerpos de agua, suelos y contaminación al aire por su quemado, se ha definido los siguientes componentes sobre el estado actual:

- Físico: Sobre los factores ambientales de agua, aire y suelo
- Biótico: Sobre los factores ambientales de flora y fauna
- Socio económico: Sobre los factores ambientales en la salud y lo social.
- Interés humano: Sobre los factores ambientales de paisaje y lo cultural

Ejecutando el cruce de estos componentes con las actividades para tener el nivel de importancia (IM), se tiene los valores de impacto indicados sin estrategias, expuestos en el Cuadro 6.

Cuadro 6

Valoración cualitativa-matriz de importancia sin estrategias del impacto ambiental del PET en Tacna.

| COMPONENTES | | Físico | | | | Biótico | | Socioeconómico | | Interés Humano | |
|--|------------------------|--|------------------------------------|-------------------------|--|--|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|
| FACTORES AMBIENTALES | | aire | agua | Suelo | | Fauna | Flora | Salud | Social | Paisaje | Cultural |
| PROPIEDADES | ACTIVIDAD DEL PROYECTO | Partícula (0,005 y 0,01 µm) humo | Contaminación del agua Superficial | Contaminación del Suelo | Deterioro de características físicas del Suelo | Riesgo de vida por el interacción faunística | Degradación de la cubierta vegetal | Riesgo en la Salud y seguridad | Calidad de vida | Afectación del paisaje visual | Afectación al turismo |
| | | Disposición inadecuada de residuos sólidos - PET | Naturaleza (N) | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| | Intensidad (IN) | 4 | 8 | 2 | 2 | 8 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| | Extensión (EX) | 2 | 8 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| | Momento (MO) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 |
| | Persistencia (PE) | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | Reversibilidad (RV) | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| | Sinergia (SI) | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Acumulación (AC) | 1 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| | Efecto (EF) | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| | Periodicidad (PR) | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 |
| | Recuperabilidad (MC) | 8 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| INDICE DE IMPORTANCIA IM | | -39 | -68 | -38 | -30 | -60 | -25 | -27 | -22 | -45 | -24 |
| IM=NX(3IN+2EX+MO+PE+RW+SI+AC+EF+PR+MC) | | Moderado | Severo | Moderado | Moderado | Severo | Irrelevante | Moderado | Irrelevante | Moderado | Irrelevante |
| -13 ≥ IM | Irrelevantes | | | | | | | | | | |
| -26 ≥ IM | Moderados | | | | | | | | | | |
| -51 ≥ IM | Severos | | | | | | | | | | |
| -76 ≥ IM | Críticos | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Estas resultantes de valor, se contrastan con el valor del impacto ambiental y los rangos del grado de impacto, que se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 7

Valoración de impactos aplicando la metodología Conesa sin estrategias.

| Valor de Impacto Ambiental | Grado de impacto | Nº de impactos | % de impactos |
|----------------------------|------------------|----------------|----------------|
| $-13 \geq IM \geq -25$ | Irrelevantes | 3 | 30,0 % |
| $-26 \geq IM \geq -50$ | Moderados | 5 | 50,0 % |
| $-51 \geq IM \geq -75$ | Severos | 2 | 20,0 % |
| $-76 \geq IM \geq -100$ | Críticos | 0 | 0,0 % |
| | TOTAL | 10 | 100,0 % |

Fuente: Machaca, 2018.

Aplicando el mismo método y los siguientes componentes análogos y con los correctivos en valor ambiental, es decir en lo:

- Físico: Sobre los factores ambientales de agua, aire y suelo
- Biótico: Sobre los factores ambientales de flora y fauna
- Socio económico: Sobre los factores ambientales en la salud y lo social.
- Interés humano: Sobre los factores ambientales de paisaje y lo cultural

De los diez factores ambientales, se desagregaron en:

- Los impactos moderados (poco significativo) fueron cinco.
- Los impactos irrelevantes fueron tres
- Los impactos severos fueron dos.
- Los impactos críticos no se tienen.

De este análisis, sobre el espacio territorial de la provincia de Tacna, se determinan que los impactos severos se localizan para su estudio en los cuerpos de agua y la fauna (ríos y mar), y de otro lado, el impacto estético y visual sobre el paisaje natural y cultura definido como impacto moderado, y que se concentra

básicamente en los espacios abiertos de avenidas, calles, plazas y áreas públicas, por lo que se asoma a ser un impacto severo.

El resumen de los componentes de impacto es el siguiente:

En el aire, se da por la sobre exposición en descampados, con montículos de PET, y que están propensos a su quemado generándose en el aire el llamado “hollín” que emite dioxinas de alto nivel tóxico, que luego adiciona como emisor para el efecto invernadero.

En el agua, se da sobre la presencia del PET en cuerpos de agua de la provincia de Tacna, desde canales de riego, ríos y la faja litoral de la provincia, donde su impacto es negativo por ser un contaminante acumulativo en relación a su volumen y baja densidad que genera una capa superior dificultando el ingreso de rayos solares al ecosistema acuático alterando el equilibrio hidrobiológico del consiguiente.

En el suelo, el impacto del PET no es muy significativa, más si es asociado a otros agentes como los bioquímicos magnifica su impacto, y en otro caso, por su volumen y dimensiones, cubren la capa vegetal y natural impidiendo el desarrollo de vegetación natural y de microorganismos.

En la flora, aunque el impacto del PET, en este componente es negativo, no es significativo ni irrelevante, y solo impacta en obstaculizar el desarrollo de vegetales y comunidades biológicas, y restando nivel orgánico en la cubierta natural.

En la fauna, el impacto del PET es negativo, y de nivel severo, por generar muertes de animales en el suelo, agua y aire, pero es el nivel acuático donde se da el aspecto más crítico por la ingesta de este residuo, provocando la muerte irreparable de especies acuáticas.

Sobre el resto de componentes, es decir la salud, lo socioeconómico, el paisaje y lo cultural, son de impacto negativo, más de rango moderado o irrelevante, y se centran en que reciben los impactos de los otros componentes; así mismo, dependen del nivel socio cultural de la población y de los niveles de gestión local.

Luego de esta evaluación actual, se aplica los correctivos ambientales estimados sobre los factores ambientales y los índices de importancia, para tener un producto en la matriz con estrategias que se visualiza en la Cuadro 7, y que se contrastan seguidamente con la matriz sin estrategias para comprobar el grado de significancia, según prueba estadística a plantear, donde se verifica el valor de aplicar el correctivo. Los valores resultantes de aplicar las estrategias se resumen en el Cuadro 8.

Cuadro 8

Valoración cualitativa-matriz de importancia con estrategias del impacto ambiental del PET en Tacna.

| COMPONENTES | | Físico | | | | Biótico | | Socioeconómico | | Interés Humano | |
|--|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|
| FACTORES AMBIENTALES | | aire | agua | Suelo | | Fauna | Flora | Salud | Social | Paisaje | Cultural |
| PROPIEDADES | | Partícula (0,005 y 0,01 µm) humos | Contaminación del agua Superficial | Contaminación del Suelo | Deterioro de características físicas del Suelo | Riesgo de vida por el interacción faunística | Degradación de la cubierta vegetal | Riesgo en la Salud y seguridad | Calidad de vida | Afectación del paisaje visual | Afectación al turismo |
| ACTIVIDAD DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | |
| Disposición inadecuada de residuos sólidos -PET | Naturaleza (N) | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| | Intensidad (IN) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Extensión (EX) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Momento (MO) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| | Persistencia (PE) | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | Reversibilidad (RV) | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Sinergia (SI) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Acumulación (AC) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Efecto (EF) | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Periodicidad (PR) | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Recuperabilidad (MC) | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | |
| INDICE DE IMPORTANCIA IM | | -25 | -28 | -23 | -24 | -27 | -23 | -22 | -20 | -21 | -20 |
| IM=NX(3IN+2EX+MO+PE+RW+SI+AC+EF+PR+MC) | | Irrelevante | Moderado | Irrelevante | Irrelevante | Moderado | Irrelevante | Irrelevante | Irrelevante | Irrelevante | Irrelevante |
| -13 ≥ IM ≥ -25 | Irrelevantes | | | | | | | | | | |
| -26 ≥ IM ≥ -50 | Moderados | | | | | | | | | | |
| -51 ≥ IM ≥ -75 | Severos | | | | | | | | | | |
| -76 ≥ IM ≥ -100 | Críticos | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Estas resultantes de valor, se contrastan con el valor del impacto ambiental y los rangos del grado de impacto, que se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9

Valoración de impactos aplicando la metodología Conesa con estrategias.

| Valor de impacto ambiental (-13 a -100) | Grado de impacto | N° de impactos | % de impactos |
|---|------------------|----------------|---------------|
| -13 ≥ IM ≥ -25 | Irrelevantes | 8 | 80,0 % |
| -26 ≥ IM ≥ -50 | Moderados | 2 | 20,0 % |
| -51 ≥ IM ≥ -75 | Severos | 0 | 0,0 % |
| -76 ≥ IM ≥ -100 | Críticos | 0 | 0,0 % |
| TOTAL | | 10 | 100,0% |

Fuente: Machaca, 2018.

El resultado viene a ser dado por la diferencia de los resultados de ambas matrices, es decir en el Índice de Importancia (IM) y ello dará las resultantes diferenciadas en la contratación de valores de porcentajes y el nivel de mitigación; estos valores de sin estrategias y con estrategias se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10

Valoración ambiental estimada de impacto de residuos PET (Tacna)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Sin estrategias | -39 | -68 | -38 | -30 | -60 | -25 | -27 | -22 | -45 | -24 |
| Índice IM | Con estrategias | -25 | -28 | -23 | -24 | -27 | -23 | -22 | -20 | -21 | -20 |

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Diseño de mezclas

5.2.1. Diseño de dosificación de mezcla base

- **Clasificación de los agregados**

Según la NTP 400.012 el análisis granulométrico se usa para determinar la distribución del tamaño de partículas en una serie de tamices de abertura mayor

a una menor. La norma ASTM C33 establece los límites granulométricos, donde debe de estar comprendido el agregado grueso con el fin de que sea apto para la elaboración de concreto. El equipo utilizado es el siguiente:

Balanza con aproximación a 0,1 % del peso del material ensayado.
Tamices normalizados (1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, base y tapa), Horno a 105 +/- 5° C. Ver proceso en Figura 36.



Figura 36. Clasificación y análisis granulométrico del agregado.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis granulométrico de los agregados extraídos de la cantera Arunta se expresan en la Figura 37.

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | %QUE | ESPECIFIC. | DESCRIPCION |
|--------------|----------|----------|-----------|-----------|--------|------------|--|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | Muestra : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA Peso de la Muestra 493.70 gr. Modulo de Fineza : 2.7 OBSERVACIONES : La muestra consiste de arena sarandada de perfil sub angular y sub redondeado |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.600 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | |
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | |
| No 4 | 4.760 | 28.60 | 5.79 | 5.79 | 94.21 | 95 100 | |
| No 8 | 2.380 | 54.80 | 11.10 | 16.89 | 83.11 | 80 100 | |
| No 10 | 2.000 | | | | | | |
| No 16 | 1.190 | 82.90 | 16.79 | 33.68 | 66.32 | 50 85 | |
| No 20 | 0.840 | | | | | | |
| No 30 | 0.590 | 91.50 | 18.53 | 52.22 | 47.78 | 25 60 | |
| No 40 | 0.420 | | | | | | |
| No 50 | 0.300 | 98.30 | 19.91 | 72.13 | 27.87 | 10 30 | |
| No 60 | 0.250 | | | | | | |
| No 80 | 0.180 | | | | | | |
| No 100 | 0.149 | 91.50 | 18.53 | 90.66 | 9.34 | 2 10 | |
| No 200 | 0.074 | 23.50 | 4.76 | 95.42 | 4.58 | 0 5 | |
| TOTAL | | 493.70 | | | | | |

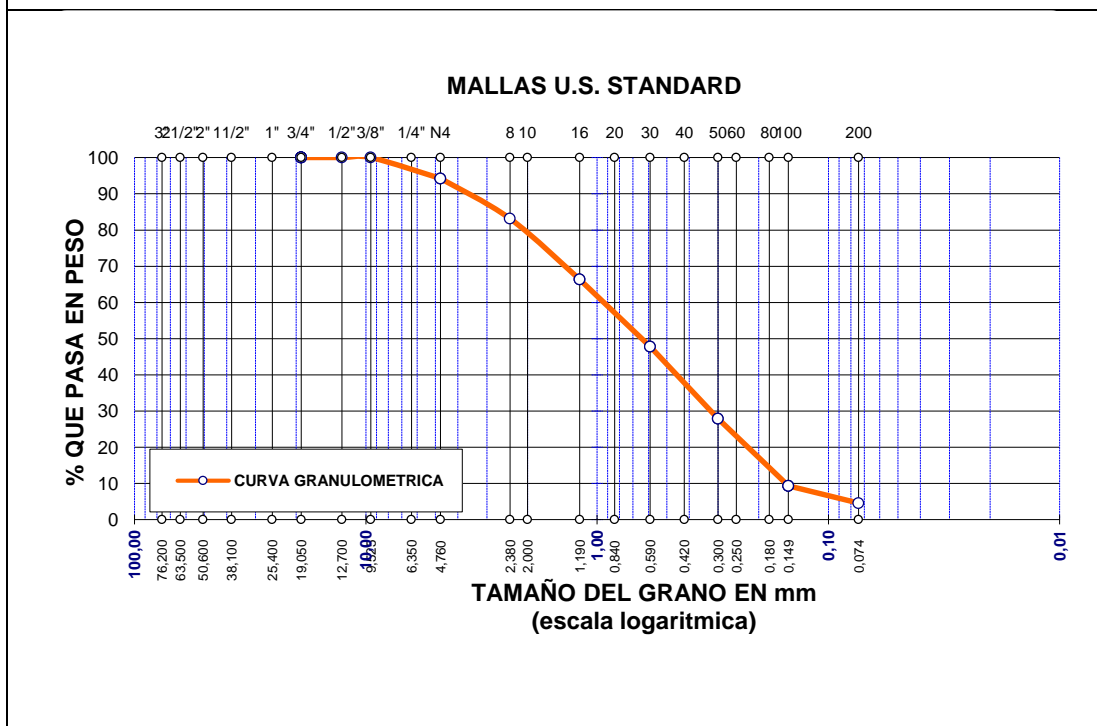


Figura 37. Análisis Granulométrico por tamizado ASTM C-136

Fuente: Elaboración Propia en Laboratorio CFC.

- **Contenido de humedad**

Este ensayo se basa en la NTP. 339,185, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

Equipo utilizado

Balanza con precisión a 0,1 % del peso de la muestra ensayada.

Taras.

Horno a 105 +/- 5 °C

Recipiente

Descripción del proceso

Se cuartea el material para tomar muestra representativa, aproximadamente 250 g, se coloca la muestra en envases previamente tarados. Se registra el peso de la tara más el material “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas a 105 +/- 5 °C; luego del enfriado, se pesa el material seco; así mismo, se toman dos muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado, según el Cuadro 11.

Cuadro 11

Ensayo de Humedad Natural NTP. 339,185 ASTM D-2216

| | | MUESTRA N° | | AGREGADO GLOBAL | |
|---|---|------------|------|-----------------|---|
| | | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Recipiente N° | | | | | |
| Peso del recipiente | g | 141,70 | | 140,60 | |
| Peso del recipiente + la muestra húmeda | g | 845,90 | | 996,30 | |
| Peso del recipiente + la muestra seca | g | 834,10 | | 982,90 | |
| Peso del Agua | g | 11,80 | | 13,40 | |
| Peso de la muestra seca neta | g | 692,40 | | 842,30 | |
| Porcentaje de humedad | % | 1,70 | | 1,57 | |
| Promedio | % | | 1,65 | | |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

• **Peso específico y absorción de los agregados finos**

El método de ensayo de gravedad específica o densidad relativa, cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado, no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas. Se realizó de acuerdo a la norma NTP. 400,022., el cual está basado en la norma ASTM C128. (Ver Cuadros 12 y 13).

Equipo utilizado

- Balanza

- Molde cónico (cono de absorción)
- Varilla para apisonado metálica
- Bandejas

Descripción del proceso

- Se selecciona una muestra de 1 kg aproximadamente, asegurándose que es el material pasante de la malla N° 4, a continuación, este material se sumerge en agua por 24 horas para lograr su saturación.
- Una vez saturado, se decanta cuidadosamente el agua y comienza el proceso de desecado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocinilla eléctrica graduable tratando que ello sea un proceso sea homogéneo y constante.
- A continuación, se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona sin mayor fuerza con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento lo cual indica el estado saturado superficialmente seco, del agregado, que es el objetivo de esta sección del ensayo.

Cuadro 12

Ensayo de peso específico del agregado NTP. 400,022 / ASTM C-128

| MUESTRA N° | UND. | 1 | 2 |
|-----------------------------------|-------|-------------|-------|
| Peso de la fiola + muestra + Agua | gr | 959,9 | 960,3 |
| Peso de la fiola + Agua | gr | 651,1 | 651,8 |
| Peso de la muestra (sss) | gr | 500,0 | 500,0 |
| Volumen desplazado | cc | 191,2 | 191,5 |
| Peso específico | gr/cc | 2,61 | 2,61 |
| Promedio | gr/cc | 2,61 | |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC

Cuadro 13

Ensayo de absorción NTP. 400.022 / ASTM C-128

| MUESTRA N° | UND. | 1 | 2 |
|--------------------------|------|-------------|-------|
| Peso de la muestra (sss) | gr | 500,0 | 500,0 |
| Peso de la muestra seca | gr | 491,9 | 492,1 |
| Peso del Agua | gr | 8,1 | 7,9 |
| Porcentaje de Absorción | % | 1,65 | 1,61 |
| Promedio | % | 1,63 | |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

• Pesos unitarios

Este ensayo permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en una masa de agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125 mm). Se realizó de acuerdo a la NTP 400.017, el cual está basado en la norma ASTM C29. (NTP 400.017)

Equipo utilizado

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados.

Descripción del proceso

- Se elige un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo al TMN del agregado, sin embargo, para el ensayo se utilizó un molde de briqueta de 15 x 30 cm aproximadamente, por ser el más aproximado a las recomendaciones del ensayo. Se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.
- Para determinar el peso unitario compactado por apisonado del agregado se colocó el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, luego

se enrasa el molde con el mismo apisonador y se pesa el molde más agregado (Figura 38), y el resultado de ello se muestra en el Cuadro 14.

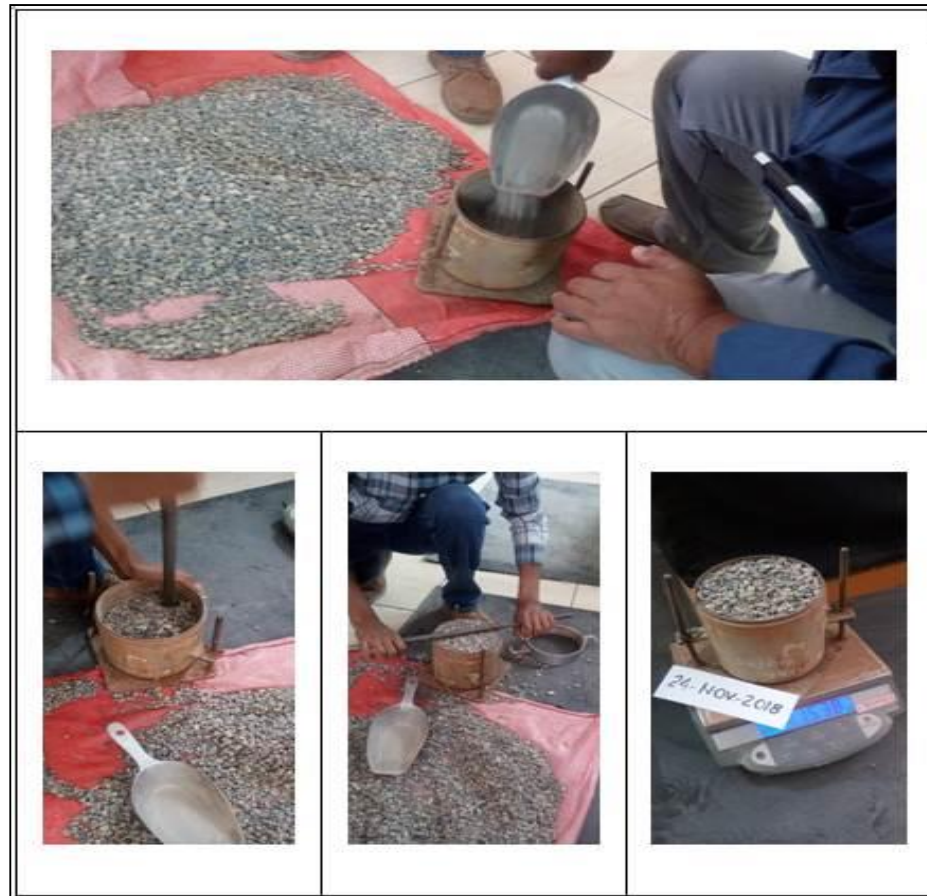


Figura 38. Ensayo de peso unitario del Agregado Grueso.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

Cuadro 14

Ensayo de pesos unitarios NTP. 400.017 / ASTM C-29

| ARENA GRUESA MUESTRA Nº | UND. | S U E L T O | | |
|-------------------------------|-------|-------------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Peso del molde + muestra seca | g | 14 453 | 14 384 | 14 418 |
| Peso del molde | g | 8 300 | 8 300 | 8 300 |
| Peso de la muestra seca neta | g | 6 153 | 6 084 | 6 118 |
| Volumen del molde | cc | 3 224,84 | 3 224,84 | 3 224,84 |
| Peso Unitario | gr/cc | 1,91 | 1,89 | 1,90 |
| Promedio | gr/cc | | 1,90 | |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

- **Diseño de mezcla base Método ACI.**

Para la siguiente investigación se consideró la normatividad del método ACI y cuyo método se expuso en las bases teóricas y metodología; permite la dosificación de un concreto normal y dentro de él, el método integral referente a considerar el conglomerado de agregados como hormigón, lo cual genera mínimas diferencias en cuanto a pesos y/o volúmenes con respecto a las arenas y gravas.

Para diseñar la mezcla de concreto fue necesario conocer las características físicas de los materiales a emplear, determinando en el laboratorio las pruebas físicas siguiendo las normas NTP y/o ASTM.

Los resultados de la aplicación de las normas, y ejecutadas en laboratorios, se muestran en los Cuadros 15 y 16.

Cuadro 15

Consideraciones para el diseño según método ACI

| DISEÑO DE DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO | |
|--|-------------------------|
| f'c=100 Kg/cm² - METODO INTEGRAL - ACI | |
| Peso específico del cemento | 2,86 g/cc |
| Módulo de finura | 2,7 |
| Peso específico de la arena | 2,606 g/cc |
| Peso específico de la grava | 2,613 g/cc |
| Tamaño máximo de la grava | 9,5 mm |
| Peso volumétrico de la grava | 1 897 kg/m ³ |
| Humedad del hormigón | 1,63 % |
| Absorción del hormigón | 1,65 % |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

Cuadro 16

Diseño mezcla base según método ACI

| MATERIALES PARA 1m3/concreto | PESO (Kg) | VOLUMEN ABS. (m3) |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Agua | 228,00 | 0,228 |
| Cemento | 278,05 | 0,097 |
| Aire | - | 0,030 |
| Agregado global (arena gruesa) | 1 685,39 | 0,645 |

CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

| MATERIALES CORREGIDOS | PESO (Kg) | VOLUMEN APAR. (m3) |
|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| Agua | 227,66 | 0,228 |
| Cemento 6,54 bolsas | 278,05 | 0,185 |
| Agregado global (arena gruesa) | 1 685,73 | 0,889 |

| DOSIFICACION | CEMENTO | HORMIGON | AGUA |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|
| En peso | 1 | 6,06 | 0,82 |
| En volumen | 1 | 4,81 | 1,23 |
| Tanda 1 bolsa cemento | 42,50 | 257,55 | 34,85 Kg |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC

5.2.2. Dosificación para probetas

a) Dosificación base

Aplicando las bases teóricas y métodos estudiados, se tiene los siguientes resultados para la mezcla base o patrón (Cuadro 17), y sobre la cual se aplica la adición de residuos PET en escamas, sustitución de los agregados, según determinados porcentajes.

Cuadro 17

Dosificación de mezcla base para concreto

| Base | Cemento | Agua | Ag. Grueso | Ag. Fino | Aditivo | PET |
|------|---------|-------|------------|----------|---------|-------|
| | 3,823 | 3,804 | 14,068 | 19,396 | 0,000 | 0,000 |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC

b) Ensayos

Culminado el diseño paso a paso y obtenidos las dosificaciones, se calcula en peso, todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, que serán sometidos al ensayo de compresión.

A partir del diseño de mezcla base, se modificó este para realizar ensayos en los que se reemplaza la arena con PET en distintas proporciones.

b.1 Ensayo 1

En este ensayo se propuso la sustitución de la arena con 5, 10 y 15 % de PET. En el Cuadro 18, se detalla el resultado de la dosificación correspondiente.

Cuadro 18

Dosificación de mezcla base con adición de 5, 10 y 15 % de PET.

| PET | Prueba 2 | Prueba 3 | Prueba 4 |
|------------|-----------|------------|------------|
| | Base +5 % | Base +10 % | Base +15 % |
| Cemento | 3,823 | 3,823 | 3,823 |
| Agua | 3,804 | 3,804 | 3,804 |
| Ag. Grueso | 9,175 | 9,175 | 9,175 |
| Ag. Fino | 13,075 | 12,387 | 11,698 |
| Aditivo | 0,038 | 0,038 | 0,038 |
| PET | 1,940 | 2,909 | 3,879 |

Fuente: Elaboración Propia en Laboratorio CFC.

Se pesan los materiales como indica el cuadro de dosificación, separándolos en recipientes para cada prueba, como se muestra en la Figura 39.



Figura 39. Proceso de dosificación de mezclas con adición de PET

Fuente: Elaboración Propia en Laboratorio CFC.

Se procede a verter los materiales para el mezclado en el trompo; una vez terminado se coloca en los moldes de probetas cilíndricas y un día después, se coloca en un recipiente cilíndrico para la fragua, como se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Preparacion de mezcla y elaboracion de las probetas.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio CFC.

Pruebas de laboratorio

Se realizaron tres pruebas por cada tipo de mezcla, a los 7, 14 y 28 días, siendo los resultados a los 28 días los que se toman para la demostración de factibilidad de uso del PET en mezcla, como se indica en las lecturas de ejemplo de la Figura 41, y en los resultados del Cuadro 19.



Figura 41. Resultante de Prueba de compresión en kg-F (28 días).

Fuente: Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC

Cuadro 19

Resultados de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días.

| Nº de Prob. | Descrip. | F' c-Esp. kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Especificado |
|-------------|----------|------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1 | BASE | 100 | 18-11-24 | 18-12-22 | 28 | 176,8 | 17 644 | 99,80 | 99,80 |
| 2 | 5 % PET | 100 | 18-11-24 | 18-12-22 | 28 | 176,8 | 6 029 | 34,10 | 34,10 |
| 3 | 10 % PET | 100 | 18-11-24 | 18-12-22 | 28 | 176,8 | 4 990 | 28,22 | 28,22 |
| 4 | 15 % PET | 100 | 18-11-24 | 18-12-22 | 28 | 176,8 | 3 895 | 22,03 | 22,03 |

Fuente: Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC.

b.2 Ensayo 2

En razón que las pruebas del Ensayo 1 representó una mezcla preliminar de experimentación con adición de PET en las muestras de probetas de concreto, se determinó que no cumplían los mínimos de resistencia de la Norma E.060 del, RNE (2006), y se observó que:

- El uso de residuos de escamas de PET no tenía una granulometría uniforme, tamizando dicho plástico a un tamaño máximo de 3/8".
- Se aumentó la relación agua/cemento de 0,98 a 0,82, y mejorando la mezcla en cuanto a su tiempo de batido y mezclado, y se varió la proporción de 1:6 a 1:4 en la mezcla.
- En este ensayo se propuso la sustitución de la arena con 8, 10 y 12 % de PET. En el Cuadro 19 se detalla la dosificación correspondiente.
- Se realizó la prueba de Slumps en el cono de Abrams, para ver la plasticidad de la mezcla.

Cuadro 20

Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12% de PET.

| Pruebas | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 |
|------------|----------|----------|----------|
| | 8% | 10% | 12% |
| Cemento | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Agua | 1,79 | 1,79 | 1,79 |
| Ag. Grueso | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Ag. Fino | 6,05 | 5,89 | 5,76 |
| Aditivo | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| PET (kg) | 0,49 | 0,62 | 0,75 |

Fuente: Elaboración Propia en Laboratorio de Suelos UNJBG.

El preparado de la dosificación de este Ensayo 2 se realizó en el laboratorio de suelos de la UNJBG y cumpliendo los procesos normativos en la dosificación, sobre todo en la mejor selección del tamaño del plástico PET (Ver Figura 42)



Figura 42. Preparación de los materiales y dosificación para Ensayo 2.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Suelos UNJBG

El mezclado se realizó utilizando mezcladora 0,50 m³ como se observa en la Figura 43.



Figura 43. Preparación del concreto en Laboratorio UNJBG.

Fuente: Preparación de mezcla en Laboratorio de Concreto UNJBG.

En este ensayo se aplicó la normatividad para prueba asentamiento y trabajabilidad del concreto con el uso del cono de Abrams, y ver el revenimiento en el resultado de Slump, dando un asentamiento de 3,5 cm que cumple con lo normado explicado en la metodología (Ver Figura 44).



Figura 44. Prueba de Slump y trabajabilidad de concreto.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Suelos UNJBG.

Igualmente, en este ensayo se varió a utilizar moldes de probetas para 4 x 8 pulgadas, y poder tener más facilidad operativa y racionalidad en el uso de materiales (Ver Figura 45).



Figura 45. Colocación en moldes para probetas de 4 x 8 pulgadas.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Suelos UNJBG.

Los resultados de este Ensayo 2 se muestran en el Cuadro 21.

Cuadro 21

Resultados de compresión de probetas de 4"x8" a los 28 días.

| .Nº de Prob. | Descrip. | F' c-Esp. kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Especificado |
|--------------|----------|------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Base | 100 | 18-12-05 | 19-01-02 | 28 | 78,5 | 7 869 | 100,19 | 100,19 |
| 2 | 8 % | 100 | 18-12-05 | 19-01-02 | 28 | 78,5 | 4 660 | 59,33 | 59,33 |
| 3 | 10 % | 100 | 18-12-05 | 19-01-02 | 28 | 78,5 | 4 260 | 54,24 | 54,24 |
| 4 | 12 % | 100 | 18-12-05 | 19-01-02 | 28 | 78,5 | 3 930 | 50,04 | 50,04 |

Fuente: Elaboración Propia en Laboratorio de Suelos UNJBG.

b.3 Ensayo 3

Se repite la dosificación del ensayo 2, pero se realizará la mezcla con PET mejor clasificado en su granulometría con $\frac{1}{4}$ " en su tamaño promedio, y se realizó un mezclado manual, en razón que en los anteriores ensayos se observó residuos de PET en la mezcladora, siendo dificultoso su vaciado total. Igualmente se modifica la relación agua/cemento original de 0,82 a 0,75 de manera que mejore la resistencia del concreto (Ver Figura 46).



Figura 46. Dosificación y mezclado en ensayo 3 (manual)

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Suelos UNJBG.

Los resultados de este Ensayo 3, con mezclado de tipo manual se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22

Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12 % de PET.

| Pruebas | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 |
|------------|----------|----------|----------|
| | 8 % | 10 % | 12 % |
| Cemento | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Agua | 1,64 | 1,64 | 1,64 |
| Ag. Grueso | 2,18 | 2,18 | 2,18 |
| Ag. Fino | 6,05 | 5,89 | 5,76 |
| Aditivo | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| PET (kg) | 0,49 | 0,62 | 0,75 |

Fuente: Elaboración Propia / Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC.

Los resultados de este Ensayo 3, se muestran en el Cuadro 23.

Cuadro 23

Ensayo de Compresión de probetas de 4"x8" a los 28 días.

| Nº de Prob. | Descrip. | F' c-Esp. kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|----------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | Base | 100 | 18-12-28 | 19-01-25 | 28 | 78,5 | 8 147 | 103,73 | 103,73 |
| 2 | 8 % | 100 | 18-12-28 | 19-01-25 | 28 | 78,5 | 5 607 | 71,39 | 71,39 |
| 3 | 10 % | 100 | 18-12-28 | 19-01-25 | 28 | 78,5 | 5 450 | 69,39 | 69,39 |
| 4 | 12 % | 100 | 18-12-28 | 19-01-25 | 28 | 78,5 | 5 132 | 65,34 | 65,34 |

Fuente: Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC.

b.4 Ensayo 4

Se realizó finalmente un Ensayo 4, para comparar resistencia con la misma dosificación, es decir, en proporción de 1:4 y una relación a/c de 0,75, para probetas de 6"x12" y de 4"x8", con la dosificación indicada en el Cuadro 24.

Cuadro 24

Dosificación de mezcla base con adición de 8, 10 y 12% de PET

| Componentes/Pruebas | Base | Prueba 1 (8 % PET) | Prueba 2 (10 % PET) | Prueba 3 (12 % PET) |
|---------------------|-------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Cemento (kg) | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 |
| Agua (kg) | 4,90 | 4,90 | 4,90 | 4,90 |
| Ag. Grueso (kg) | 8,72 | 8,72 | 8,72 | 8,72 |
| Ag. Fino (kg) | 17,44 | 16,04 | 15,70 | 15,35 |
| Aditivo (kg) | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| PET (kg) | 0,00 | 1,40 | 1,74 | 2,09 |

Fuente: Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC.

Los resultados de esta dosificación de mezclas se muestran en los cuadros 25, 26 y 27.

Cuadro 25

Ensayo de compresión de probetas de 4"x8" a los 28 días.

| Nº de Prob. | Descrip. | F' c-Esp. kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|-----------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|---------------------|
| 0 | BASE | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 78,54 | 7 985 | 101,67 | 101,67 |
| 1 | 0,8 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 78,54 | 7 822 | 99,59 | 99,59 |
| 2 | 10 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 78,54 | 6 950 | 88,49 | 88,49 |
| 3 | 12 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 78,54 | 5 608 | 71,40 | 71,40 |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio UNJBG

Cuadro 26

Ensayo de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días.

| Nº de Prob. | Descrip. | F' c- Esp. kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|-----------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|------------------|
| 0 | BASE | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 17 454 | 98,78 | 98,78 |
| 1 | 0,8 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 17 100 | 96,76 | 96,76 |
| 2 | 10 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 15 039 | 85,10 | 85,10 |
| 3 | 12 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 12 335 | 69,80 | 69,80 |

Fuente: Fuente: Elaboración propia en Laboratorio UNJBG

Cuadro 27

Ensayo de compresión de probetas de 6"x12" a los 28 días.

| Nº de Prob. | Descrip. | F' c- Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|----------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | 8 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 18 650 | 105,54 | 105,53 |
| 2 | 10 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 16 152 | 91,40 | 91,40 |
| 3 | 12 % PET | 100 | 2019-02-27 | 2019-03-28 | 28 | 176,7 | 12 936 | 73,20 | 73,20 |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC.

b.5 Bloques de concreto

• Descripción general

A modo de prueba aplicativa, y teniendo como base los resultados positivos de resistencia de compresión en las probetas del ensayo 3, se consideró elaborar unos bloques de la dosificación con 10 % de residuo PET, y tienen las dimensiones de 8 x 10 x 20 cm (Figura 47).

Estos bloques son contrastados con las normas E.070, en cuanto a la resistencia en kg/cm² según el tipo de bloque normado.

- **Resistencia de bloques**

La dosificación asumida para la fabricación y prueba a compresión fue tomada en base a la mezcla del ensayo 3.



Figura 47. Bloques de concreto con 10 % PET.

Fuente: Elaboración propia.

La dosificación indicada dio una resultante que cumple la normativa del RNE, y que se muestra en el Cuadro 28 y lecturas de compresión en la Figura 48.

Cuadro 28

Ensayo de Compresión de bloques con 10 % PET, dimensiones de 8x10x20 cm.

| Nº | Descrip. | Diseño kg/cm ² | Fecha de Elaboración | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura kg-F | Resist. kg/cm ² | % Especificado |
|----|-------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 | Ladrillo PET 10 % | 100 | 2018-12-31 | 2019-01-30 | 30 | 200,00 | 28 510 | 142,55 | 142,55 |
| 2 | Ladrillo PET 10 % | 100 | 2018-12-31 | 2019-01-30 | 30 | 200,00 | 29 530 | 147,65 | 147,65 |
| 3 | Ladrillo PET 10 % | 100 | 2018-12-31 | 2019-01-30 | 30 | 200,00 | 30 380 | 151,90 | 151,90 |

Fuente: Laboratorio de Concreto UNJBG.



Figura 48. Lectura de la resistencia a la compresión de los bloques con 10% de PET a los 30 días.

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Concreto UNJBG

• Propiedades del bloque

Se muestran los resultados de propiedades físicas del bloque de concreto mencionado en el punto anterior, teniendo como base la norma ASTM C-642.

Este ensayo cubre la determinación de la densidad, el porcentaje de absorción y el porcentaje de vacíos en concreto endurecido.

La densidad del concreto varía, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

Determinación de la densidad

La determinación de la densidad está representada por la fórmula [6]:

$$Densidad = \frac{Peso.de.la.muestra(gr)}{Volumen.muestra.(cm^3)} \quad [6]$$

Para el caso se da el siguiente resultado. (Ver Cuadro 29)

Cuadro 29

Determinación de propiedades físicas: Densidad.

| Nº | Muestra | Peso | Dimensiones | Volumen | Densidad |
|----|--------------------|---------|-------------|-----------------|--------------------|
| | | gr | cm | cm ³ | gr/cm ³ |
| 1 | Bloque PET 10 % | 3 350,0 | 8x10x20 | 1 600,00 | 2,09 |

Fuente: Elaboración propia en Laboratorio de Concreto UNJBG.

a) Determinación de la humedad

La determinación de contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una muestra y se obtiene aplicando las fórmulas [7] y [8]:

$$W_w = W_h - W_s$$

[7]

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

[8]

Donde:

- W_w es la diferencia entre peso húmedo y peso seco

- W_s es el peso seco del material

Se toma la medida del peso con humedad natural de ambiente. El espécimen de concreto se somete a secado durante periodos de 24 horas, de manera que se asegure por medio de determinación de masas que el espécimen se encuentra totalmente seco. Se registra la masa seca al horno (Figura 49); los resultados de la prueba indicada se muestran en el Cuadro 30.



Figura 49. Prueba de horno para determinar humedad de bloque

Fuente: Laboratorio de Concreto UNJBG.

Cuadro 30

Determinación de propiedades físicas: Humedad.

| Nº | Muestra | Peso húmedo | Peso seco | Humedad | |
|----|---------------|-------------|-----------|-------------------|-------------------------|
| | | W_h | W_s | $W_w = W_h - W_s$ | $W = (W_w / W_s) * 100$ |
| | | g | g | g | % |
| 1 | Lad. PET 10 % | 3 354,4 | 3 334,0 | 20,4 | 0,6 |

Fuente: Elaboración propia. Laboratorio de Concreto UNJBG.

Porcentaje de absorción

La probeta de concreto se somete a secado durante periodos de 24 horas, de manera que se asegure por medio de determinación de masas que la probeta se encuentra totalmente seco. Se registra la masa secada en el horno. Después de determinar la masa se sumerge en agua a 21 °C en un tiempo menor a 48 horas, y se determina la masa en intervalos de 24 horas, de manera que no exista diferencia significativa en las masas. Se registra con esto la masa saturada después de inmersión.

La absorción es la cantidad de agua que los poros pueden absorber expresado en porcentaje como se indica en fórmula [9], y se da por:

$$W = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} * 100 \quad [9]$$

Donde:

- M_{sat} , es el peso de la muestra saturada
- M_s , es el peso de la muestra seca

El proceso para determinar la absorción en bloques se muestra en la Figura 50. El resultado del proceso de indica en el Cuadro 31.



Figura 50. Proceso para determinar grado de absorción en bloques
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31

Determinación de propiedades físicas: Absorción.

| Nº | Muestra | Peso saturada | Peso seco | | Porcentaje de Absorción |
|----|--------------|------------------|----------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | M _{sat} | M _s | M _{sat} -M _s | $W = ((M_{sat} - M_s) / M_s) * 100$ |
| | | g | g | g | % |
| 1 | Lad PET 10 % | 3 459,0 | 3 389,0 | 70,0 | 2,07 |

Fuente: Laboratorio de Concreto UNJBG.

b) Durabilidad

Representa la habilidad para resistir la acción del intemperismo, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro de rocas o concreto. En la Figura 51 y en el Cuadro 32 se muestran los resultados.



Figura 51. Equipos para determinar durabilidad de bloques

Fuente: Elaboración propia. Laboratorio UNJBG

La determinación del índice de durabilidad está en la fórmula [10] y dada por:

$$\text{Índice durabilidad} = 100 \times (C - D) / (A - D) \quad [10]$$

Cuadro 32
Ensayo de durabilidad.

| | | | |
|------------|---|--------------------------|---|
| Muestra | : | Trozos concreto PET 10 % | |
| Nº muestra | : | 1 | |
| Peso A | = | 2 327,6 | g |
| Peso B | = | 2 249,6 | g |
| Peso C | = | 2 234,7 | g |
| Peso D | = | 1 761,8 | g |
| Id | = | 83,58 | % |

Fuente: Laboratorio de Concreto UNJBG.

Para este caso el índice de durabilidad 83,58 % representa un concreto de durabilidad Media-Alta.

5.3. Mitigación ambiental

El tema se fundamenta en cuanto a los resultados, en razón de poder dimensionar con las estadísticas obtenidas en la Municipalidad Provincial de Tacna y los resultados deducidos en las pruebas de concreto y de los cálculos de población en los tres años últimos, la cantidad de residuos plástico del PET, que se puede mitigar frente al impacto ambiental negativo del mismo, al utilizar sus residuos en mezclas de concreto.

5.3.1. Generación de residuos PET

En la provincia de Tacna, y según los reportes de la Municipalidad Provincial de Tacna, se generaron residuos sólidos en los años 2016, 2017 y 2018, según el siguiente desglose:

- Año 2016: 133 653,70 kg de residuos sólidos, de los cuales, 38 410,80 kg corresponden a los residuos PET.

- Año 2017: 202 160,00 kg de residuos sólidos, de los cuales, 65 340,00 kg corresponden a los residuos PET.
- Año 2018: Un total de 159 673,61 kg de residuos sólidos, de los cuales, 47 502,64 kg corresponden a los residuos PET.

En la Figura 52 se observa gráficamente el resultado de la proporción entre los residuos sólidos con respecto a los residuos de PET.

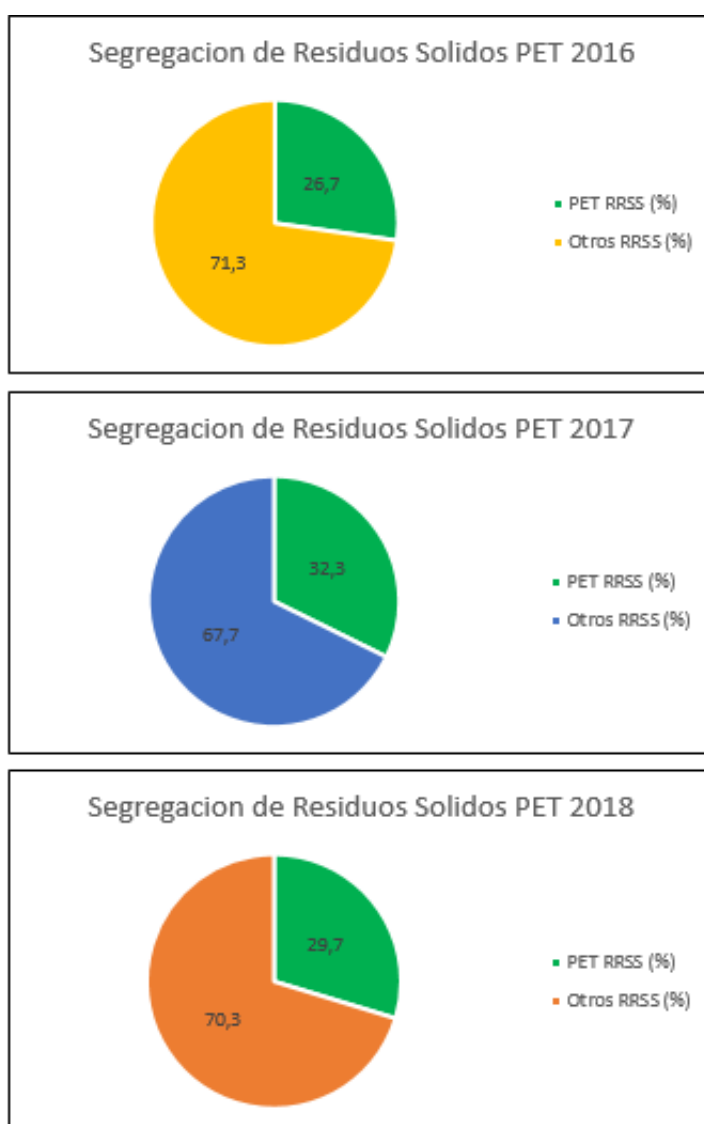


Figura 52. Relación porcentual, entre otros residuos sólidos y el PET. Años 2016, 2017 y 2018 (Tacna).

Fuente: Elaboración propiedad

5.3.2 Proyección de generación de residuos PET en Tacna

En el año 2013, la municipalidad de Tacna, reporta lo indicado en el Capítulo III, en cuanto que cada habitante de la provincia de Tacna genera un Ppc (Producción *per cápita*) de 0,50 kg/hab/día, y sobre una población provincial de 294 096 habitantes, más, considerando el aumento de flujo turístico a la ciudad, y las medidas de acción municipal implementadas desde el Programa de Segregación de Residuos Sólidos, que se inicia el 2016, se asume que la producción PPC de 0,60 kg/hab/día.

Para el cálculo poblacional toma como base la población del 2013, es decir de 294 096 habitantes, el cálculo en los siguientes cinco años y dados por la tasa de crecimiento de 1,5 % para Tacna, en la fórmula [11] siguiente:

$$P = P_0 (1+i)^t \quad [11]$$

Donde: P: Población resultante
P₀: Población inicial
i : Tasa de crecimiento en %
t : Periodo en años

Reemplazando, se tiene:

$$P = 294\,096 (1 + 0,015)^5$$

Donde P = 316 825 habitantes

Donde resulta que la población al 2018, es de 316 825 habitantes; esta población generaría un total de residuos sólidos en kg de:

$$\text{TRS} = 0,60 \text{ kg} \times 316\,825 \text{ hab/1 día}$$

$$\text{TRS} = 190\,095 \text{ kg / día}$$

El reporte del año 2018 indica un 30 % aproximadamente de residuos PET con respecto al resto de los otros residuos, lo que da como resultado que, de los 190 095 kg, el residuo PET representa en la provincia de Tacna:

$$\text{Total PET} = 190\,095 \text{ kg} \times 0,3 = 57\,028,50 \text{ kg/día}$$

5.3.3 Proporción de PET en mezclas

De la dosificación en la muestra 3, se determina los pesos totales de mezcla seca, es decir no se considera el peso de agua y aditivo en las tres pruebas que se indican en el Cuadro 33.

Cuadro 33

Pesos en pruebas de mezclas secas

| Material | Dosificación Base | Prueba 1 (8 % PET) | Prueba 2 (10 % PET) | Prueba 3 (12 % PET) |
|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Cemento (kg) | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 6,54 |
| Agua (kg) | 0 * | 0 * | 0 * | 0 * |
| Ag. Grueso (kg) | 8,72 | 8,72 | 8,72 | 8,72 |
| Ag. Fino (kg) | 17,44 | 16,04 | 15,7 | 15,35 |
| Aditivo (kg) | 0 * | 0 * | 0 * | 0 * |
| PET (kg) | 0 * | 1,4 | 1,74 | 2,09 |
| Total mezcla seca | 32,7 | 32,7 | 32,7 | 32,7 |

(*): En peso de mezcla seca no se considera dicho material

Fuente: Elaboración propia

La resultante de los pesos del residuo PET en la dosificación de mezclas, se desagrega en el cuadro 34.

Cuadro 34

Pesos de residuo PET en peso y volumen de mezclas de concreto

| Descripción | TIPO DE PRUEBA DE MEZCLA/% PET | | |
|---|--------------------------------|----------|----------|
| | 8 % PET | 10 % PET | 12 % PET |
| % de PET en mezclas | | | |
| PET por 1 kg de mezcla | 0,043 | 0,053 | 0,064 |
| PET por m ³ * de mezcla (kg) | 91,3 | 113,1 | 135,6 |

(*) Se estima en 2 125 kg/m³ de mezcla seca.

Fuente: Elaboración propia

5.3.4. Interpretación del uso del PET en bloques y construcción

En la Figura 53 se tiene el peso promedio de bloques de 8 x 10 x 20 cm, que fueron fabricados para interpretar nemotécnicamente el grado de mitigación del plástico PET en unidades de concreto. El peso de estos bloques prismáticos de volumen en forma de paralelepípedo, tienen un peso aproximado de 3,450 kg.



Figura 53. Peso promedio en bloques con residuo PET.

Fuente: Elaboración propia.

Las equivalencias de tipo de envase plástico de PET, capacidad en ml. peso en gramos por unidad, tamaño, cantidad de unidades por m³ bloque de concreto y unidades por m² de muro se indican en la Figura 54.







| ENVASE | Capacidad ml | Tamaño | | | Peso de Envase (kg) | Peso PET kg / m ³ | | | Envases PET / m ³ | | | Envases / Bloque | | |
|---|--------------|--------|---------|-------|---------------------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|------------------|-----|-----|
| | | Grande | Mediano | Chico | | 8% | 10% | 12% | 8% | 10% | 12% | 8% | 10% | 12% |
|  | 2250 | X | | | 0,050 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 1825 | 2263 | 2713 | 3 | 4 | 4 |
|  | 2000 | X | | | 0,044 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 2074 | 2571 | 3082 | 4 | 5 | 5 |
|  | 1000 | | X | | 0,025 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 3650 | 4525 | 5425 | 6 | 8 | 9 |
|  | 625 | | X | | 0,016 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 5703 | 7070 | 8477 | 10 | 12 | 14 |
|  | 200 | | | X | 0,002 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 45625 | 56563 | 67813 | 73 | 91 | 109 |
|  | 900 | | X | | 0,021 | 91,25 | 113,1 | 135,6 | 4345 | 5387 | 6458 | 7 | 9 | 11 |

Figura 54. Equivalencias por tipo de envase, pesos y unidad de PET por m³, y envases por bloque.

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar en forma más objetiva y comparativa entre los tres tipos de porcentajes de PET en bloques de concreto, se exponen los resultados en los cuadros 35, 36 y 37.

Cuadro 35

Cantidades de envases por bloque de concreto, con 8 % de PET.

| Descripción | Capacidad (ml) | Peso del envase (kg) | Envases/bloque |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Botella grande | 2 250 ml | 0,050 | 3 |
| Botella grande | 2 000 ml | 0,044 | 4 |
| Botella mediana | 1 000 ml | 0,025 | 6 |
| Botella mediana | 625 ml | 0,016 | 10 |
| Vaso pequeño | 200 ml | 0,002 | 73 |
| Vaso grande | 900 ml | 0,021 | 7 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 36

Cantidades de envases por bloque de concreto, con 10 % de PET

| Descripción | Capacidad (ml) | Peso del envase (kg) | Envases/bloque |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Botella grande | 2250 ml | 0,050 | 4 |
| Botella grande | 2000 ml | 0,044 | 5 |
| Botella mediana | 1000 ml | 0,025 | 8 |
| Botella mediana | 625 ml | 0,016 | 12 |
| Vaso pequeño | 200 ml | 0,002 | 91 |
| Vaso grande | 900 ml | 0,021 | 9 |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37

Cantidades de envases por bloque de concreto, con 12 % de PET

| Descripción | Capacidad (ml) | Peso del envase (kg) | Envases/bloque |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Botella grande | 2250 ml | 0,050 | 4 |
| Botella grande | 2000 ml | 0,044 | 5 |
| Botella mediana | 1000 ml | 0,025 | 9 |
| Botella mediana | 625 ml | 0,016 | 14 |
| Vaso pequeño | 200 ml | 0,002 | 109 |
| Vaso grande | 900 ml | 0,021 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

Para objetivar lo indicado, se expone el ejemplo de una mezcla de concreto con 10 % de PET y con envases de botellas de 625 ml, resultando la cantidad total 98 484 envases PET, y un total de 8 207 unidades de bloques de concreto en muros de cabeza (0,20 m), para un módulo de vivienda de bien social en la ciudad de Tacna. Las distribuciones de los bloques de concreto se muestran en la Figura 55.

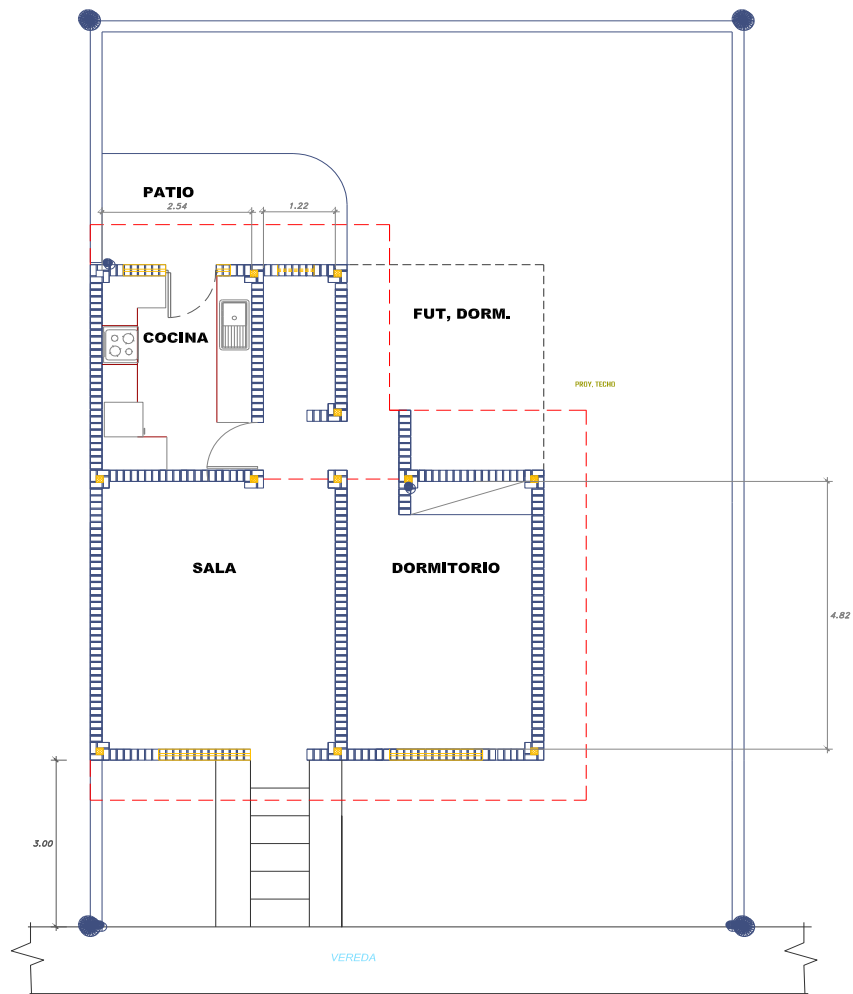


Figura 55. Distribución de bloques en muros en módulo de vivienda
Fuente: Elaboración propia.

5.4. Pruebas de hipótesis

Hipótesis general

Con la utilización de residuos plásticos de PET, en la dosificación de mezclas para la fabricación de concretos, se mitiga su impacto ambiental en la ciudad de Tacna.

Para contrastar esta hipótesis general, se aplica las pruebas en las hipótesis específicas:

Hipótesis 1- Valoración ambiental

El grado de impacto ambiental de plásticos en la ciudad de Tacna, se determina con la generación de residuos plásticos PET.

Para esta demostración se toma los datos resultantes de las matrices según el modelo Conesa (2010), sobre la valoración de impacto ambiental tanto sin estrategias, como con estrategias, y se plantea la hipótesis siguiente en base a:

Que el grado de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$

- **Planteo de hipótesis**

Se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): No existe una diferencia significativa entre la media de calificación del IM (Índice de Importancia) sin estrategias y la media de calificación del IM (índice de importancia) con estrategias.

Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa entre la media de calificación del IM (índice de importancia) sin estrategias y la media de calificación del IM (índice de importancia) con estrategias.

Se asume para ambas hipótesis que el grado de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$, y un grado de confianza del 95 %.

- **Determinación del P valor**

Normalidad

Si el P valor $> \alpha$ se acepta la H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.

Si el P valor $< \alpha$ se acepta la H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal.

Se aplica la prueba de normalidad con uso del programa SPSS, para una muestra de pequeña menor a 30, se verifica el resultado según la prueba Shapiro Wilk, para lista de variables independientes (sin y con estrategias), que se muestra en el Cuadro 38.

Cuadro 28

Prueba de normalidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|--|
| SIN/CON ESTRATEGIAS | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| Valor IM SIN ESTRATEGIAS | ,190 | 10 | ,200 [*] | ,877 | 10 | ,120 | |
| CON ESTRATEGIAS | ,143 | 10 | ,200 [*] | ,939 | 10 | ,539 | |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con aplicación de SPSS 25

Se observa los resultados en Shapiro Wilk, siendo $p = 0,120$ y $> \alpha$, para IM sin estrategias y siendo $p = 0,539 > \alpha$, para IM con estrategias, entonces las variables de calificación ambiental, y los valores del IM (índice de importancia), proviene de una distribución normal por lo que se acepta H_0 .

Prueba de varianza

Con esta conclusión de comportamiento de normalidad entre los valores del IM, se debe comprobar la igualdad de varianza, para lo cual se aplica el programa SPSS, para muestras independientes, asumiendo que el grado de significancia (alfa) $\alpha = 5\% = 0,05$, y un grado de confianza del 95 %, se plantea:

Si el P valor $> \alpha$ se acepta la H_0 : Las varianzas son iguales.

Si el P valor $< \alpha$ se acepta la H_1 : Existe diferencia significativa entre las varianzas.

El resultado estadístico de pruebas de muestras independientes, se muestra en el cuadro 38, en la prueba de Levene donde $P= 0,03 < \alpha$, por lo que se desecha H_0 , y se acepta H_1 , demostrando que sí hay variación entre ambos valores del IM impacto ambiental del PET, y por lo tanto, existen diferencias significativas entre varianzas.

Cálculo de P valor de la prueba

Al determinar que sí existe diferencia significativa entre las varianzas, seguidamente se debe comprobar aplicando en la prueba t de student, el grado de significancia, comprobando que:

Si la probabilidad obtenida P valor $> \alpha$, se acepta H_0 (Hipótesis Nula)

Si la probabilidad obtenida P valor $< \alpha$, se acepta H_1 (Hipótesis Alterna)

.

El resultado de la prueba estadística para t de student, que se muestra igualmente en el cuadro 39 y Figura 56, donde el grado de significancia correspondiente a varianzas diferentes, es $P= 0,018 < \alpha$, por lo que se rechaza la Hipótesis Nula H_0 , y se acepta la Hipótesis Alterna H_1 , demostrando que sí hay variación entre los valores de la media del IM, sin estrategias y con estrategias.

Cuadro 39

Prueba de muestras independientes para evaluar impacto ambiental.

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | Inferior | Superior |
| Valor IM | Se asumen varianzas iguales | 11,742 | ,003 | -2,864 | 18 | ,010 | -14,500 | 5,064 | -25,138 | -3,862 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -2,864 | 9,547 | ,018 | -14,500 | 5,064 | -25,856 | -3,144 |

Fuente: Elaboración propia, basado en programa SPSS.

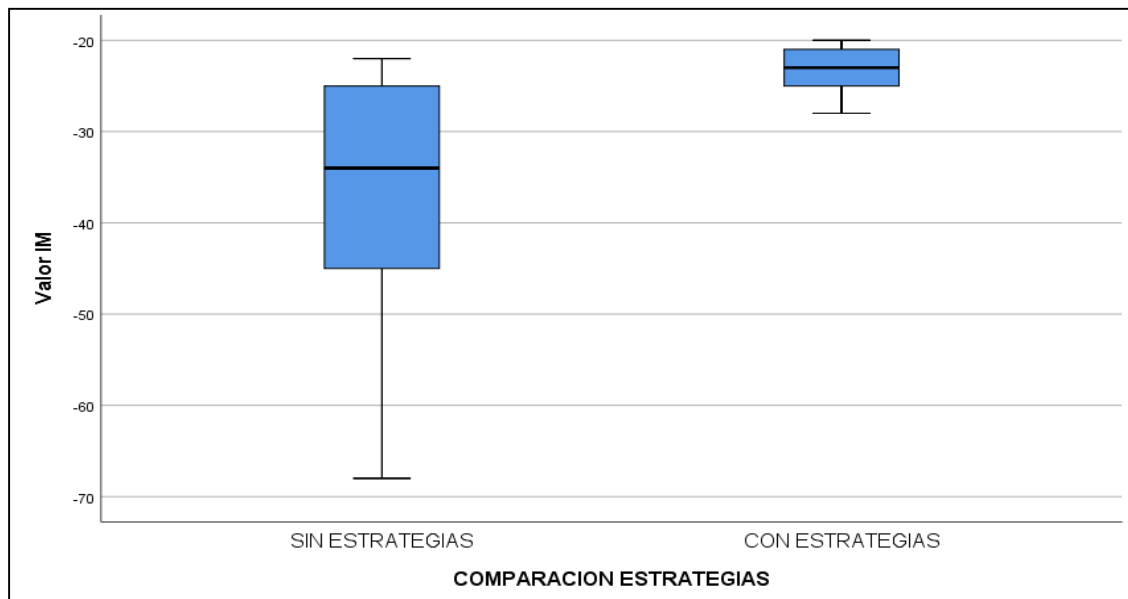


Figura 56. Comparación de estrategias de mitigación de residuos PET en Tacna

Fuente: Elaboración propia, basado en programa SPSS.

Hipótesis 2- Resistencia de probetas

El impacto ambiental de residuos plásticos PET en la ciudad de Tacna, se mitiga con su uso, en la dosificación de mezclas para fabricación de concretos.

Para esta demostración, se toman los datos resultantes de las resistencias a compresión obtenidas a los 28 días en las 15 pruebas en los porcentajes al 8, 10 y 12 % de residuo PET en las mezclas siguientes:

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Mezcla 1 (8 % de PET): | 50,04 kg/cm ² |
| Mezcla 2 (10 % de PET): | 54,24 kg/cm ² |
| Mezcla 3 (12 % de PET): | 59,33 kg/cm ² |
| Mezcla 4 (8 % de PET): | 65,34 kg/cm ² |
| Mezcla 5 (10 % de PET): | 69,39 kg/cm ² |
| Mezcla 6 (12 % de PET): | 71,39 kg/cm ² |
| Mezcla 7 (8 % de PET): | 71,40 kg/cm ² |
| Mezcla 8 (10 % de PET): | 88,49 kg/cm ² |
| Mezcla 9 (12 % de PET): | 99,59 kg/cm ² |
| Mezcla 10 (8 % de PET): | 69,80 kg/cm ² |
| Mezcla 11 (10 % de PET): | 85,10 kg/cm ² |
| Mezcla 12 (12 % de PET): | 96,76 kg/cm ² |
| Mezcla 13 (8 % de PET): | 73,20 kg/cm ² |
| Mezcla 14 (10 % de PET): | 91,40 kg/cm ² |
| Mezcla 15 (12 % de PET): | 105,53 kg/cm ² |

Contrastadas estas resultantes, con la normativa de la norma E.060 del RNE, que indica que ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño o base, por más de 65 kg/cm². Para ello se determina un grado de confianza al 95 % y grado de significancia (alfa) $\alpha = 5 \% = 0,05$.

- **Planteo de hipótesis**

Hipótesis Nula H_0 : El valor La resistencia a la compresión con agregados reciclados PET es igual a 65 kg/cm² o que $\mu = 65 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alterna H_i : La resistencia a la compresión con agregados reciclados PET es mayor que 65 kg/cm² o que $\mu > 65 \text{ kg/cm}^2$.

- **Cálculo de P valor de la prueba**

Aplicando en el programa estadístico Minitab 18, la prueba t para una muestra, se tiene:

Si el valor $P > \alpha$ se acepta la H_0 .

Si el valor $P < \alpha$ se acepta la H_1 .

El resultado estadístico, que se muestra en el Cuadro 39, para las 15 pruebas de probetas indicadas, se comprueba que el valor $P = 0,009 < \alpha$, es decir menor a 0,05, por lo tanto se acepta:

La Hipótesis Alterna H_1 : “La resistencia a la compresión con agregados reciclados PET es mayor que 65 kg/cm^2 o que $\mu > 65 \text{ kg/cm}^2$ ”, por lo que 12 probetas con resistencias con residuos PET, son mayores a lo mínimo establecido en la normatividad del RNE; lo expuesto se verifica en el cuadro 40 y Figura 57, y donde también se verifica que la ubicación de la media de $76,73 \text{ kg/cm}^2$, se ubica gráficamente a la derecha del mínimo indicado.

Cuadro 40

Prueba de resistencias de concreto y residuos PET. T de una muestra

| Estadísticas descriptivas | | | | | Prueba | | | |
|---------------------------|-------|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| N | Media | Desviación estandar | Error estandar de la media | Limite inferior de 95% para μ | Hipótesis nula | Hipótesis alterna | Valor T | Valor p |
| 15 | 76,73 | 16,9 | 4,36 | 69,05 | $H_0: \mu = 65$ | $H_1: \mu > 65$ | 2,69 | 0,009 |

Fuente: Elaboración propia en base al programa Minitab 18.

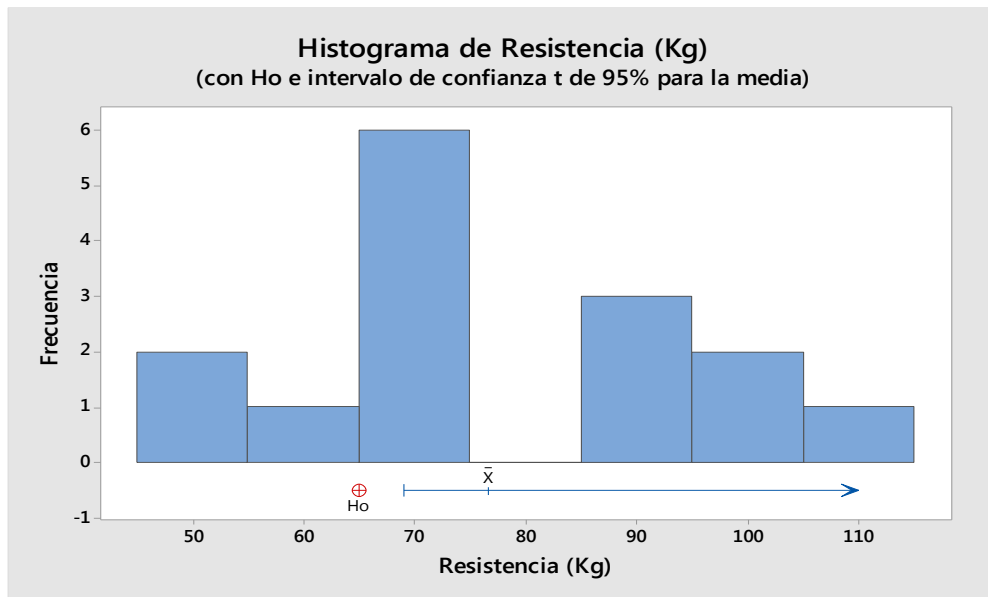


Figura 57. Histograma de resistencia en kg en relación a frecuencias de muestras

Fuente: Elaboración propia en base al programa Minitab 18.

Hipótesis 3 - Grado de mitigación

La demostración de esta hipótesis es directa y es resultante de las dos anteriores, teniendo el siguiente resumen de mitigación de los residuos PET, generados por la población calculada en el Capítulo V, y se desagrega en lo siguiente:

- Mezcla 1 (8 % de PET) : 91,3 kg/m³
- Mezcla 2 (10 % de PET) : 113,1 kg/m³
- Mezcla 3 (12 % de PET) : 135,6 kg/m³

Esto demuestra el consumo de residuos PET en mezclas de concreto por m³, y por tipo de mezcla, lo cual permite aceptar que es posible mitigar el impacto del residuo PET, en mezclas y unidades de peso y volumen de concreto.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

- a) Las resultantes sobre la valoración del impacto ambiental, en cuanto al uso de estrategias para mitigar el impacto ambiental negativo por la sobre exposición de residuos plásticos, en los componentes del medio físico, biótico, socioeconómico y de interés cultural al plantear medidas de mitigación en cuanto a disminuir los valores de impacto, con el uso de estrategias, que tanto la población como los órganos de gestión local, deban implementar.

Los impactos en dichos componentes y por ende en la disposición inadecuada de los desechos plásticos PET, no son manejados adecuadamente por el gobierno local, teniendo un 2 % de recolección promedio por año, medido en las estadísticas alcanzadas por la municipalidad; es por ello que la propuesta con estrategias para definir el grado de impacto, convierten niveles negativos severos a moderados, y que fue comprobado con $P= 0,03 < \alpha$, y que desechó la hipótesis H_0 .

- b) Las resistencias obtenidas en las pruebas de probetas sometidas a fuerzas de compresión, se contrastaron con la normatividad del RNE, Norma E.060, al superar el mínimo de resistencia que indica respecto a la mezcla como es:

$$F'c \text{ mínima: Resistencia base } 100 \text{ kg/cm}^2 - 35 \text{ kg/cm}^2 = 65 \text{ kg/cm}^2$$

Este mínimo de resistencia ha sido superado por 12 pruebas de las 15 pruebas totales de probetas y que fue comprobado en el programa Minita con un $P= 0,009 < \alpha (0,05)$, y que desechó la hipótesis H_0 , aceptando la H_i .

Los bloques diseñados para interpretar el nivel de uso de PET en un elemento tangible, como es los mampuestos de construcción al ser contrastados con:

- La norma E.070, donde con 140 kg/cm² de resistencia obtenida en laboratorios, se superan las resistencias normadas para bloques de concreto (P y NP), como se verifica con respecto al cuadro 41.

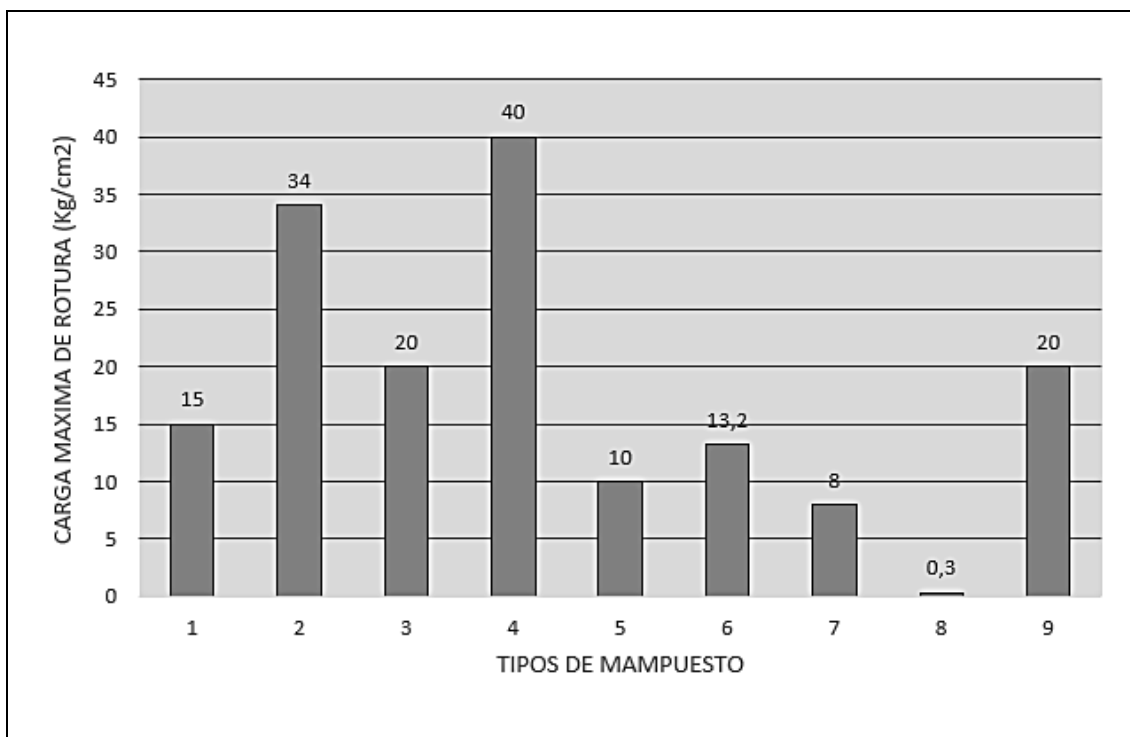
Cuadro 41

Prueba de hipótesis en resistencias de concreto con residuos PET

| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje) | | | ALABEO (máximo en mm) | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta |
|---------------------|---|--------------|---------------|--------------------------|--|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| Ladrillo I | ± 8 | ± 6 | ± 4 | 10 | 4,9 (50) |
| Ladrillo II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6,9 (70) |
| Ladrillo III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9,3 (95) |
| Ladrillo IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12,7 (130) |
| Ladrillo V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17,6 (180) |
| Bloque P | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 4,9 (50) |
| Bloque NP | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 2,0 (20) |

Fuente: Norma E.070. RNE, 2006.

- Contrastado con los resultados de Gaggino (2008), igualmente se supera las resistencias para bloques de concreto con residuos PET, lo cual se verifica en la Figura 58, donde dicha investigación logra valores de resistencia de 10 kg/cm², para bloques de concreto con residuos de PET.
- Igualmente contrastando los resultados de resistencia para bloques con residuo PET con la investigación de Flores, V., Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, P., & Flores, M. (2014), se logra superiores resistencias a las de dicha investigación con resistencias del 40 kg/cm².



Referencias

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Ladrillos y bloques cerámicos no portantes. | 9. Ladrillos con PET reciclado. |
| 2. Ladrillos y bloques cerámicos portantes. | |
| 3. Bloques de hormigón no portantes | |
| 4. Bloques de hormigón portantes | |
| 5. Bloques con PET reciclado. | |
| 6. Ladrillos con LOPE reciclado | |
| 7. Ladrillos con plástico varios reciclados. | |
| 8. Ladrillos con PS reciclado. | |

Fuente de los datos: Valores desde 1 a 4 don datos proporcionados por INTI basados en la Norma IRAM. Los valores correspondientes a los mampuestos 5, 6, 7, 8 y 9 fueron obtenidos en ensayos realizados en la Universidad Nacional de Córdoba y en el INTI. La tabla es una elaboración de la autora.

Figura 58. Resistencias de bloques de concreto con PET.

Fuente: (Gaggino, 2008).

- c) Los grados de mitigación se deducen desde la proyección poblacional, la generación de kg/hab/día, asumiendo que de los 0,60 kg/hab/día, el 30 % corresponde a PET, es decir aproximadamente 0,18 kg/hab/día, pero que contrastado con los niveles de recolección de los gobiernos locales difiere en un alto porcentaje no superando el 0,18 %. Esto está relacionado con los niveles de gestión en los programas de segregación en la fuente y los de recolección de residuos urbanos en la ciudad.

Referente al grado de mitigación, se estaría utilizando por m³ de concreto con residuo PET, las cantidades de 91,3; 113,1 y 135,6 kg/m³, en las proporciones de 8, 10 y 12 % de PET en dichas mezcla de concreto.

CONCLUSIONES

1. Los 160 kg (0,28 %) de PET recolectado en Tacna como promedio, nos indican el bajo nivel de segregación respecto al plástico, por lo que los índices de caracterización implementados en el programa de segregación por la MPT tienen una gran incidencia en los impactos de los componentes físicos, del paisaje urbano y cultural, por lo que aplicando las debidas estrategias de gestión, se lograrán mitigar los impactos negativos del PET en dichos componentes.
2. La dosificación utilizada para los tipos de muestras de concreto, con el uso del 8, 10 y 12 % con residuo PET, cumplen con lo normado en el RNE, en relación a probetas y bloques de concreto, encontrando una relación inversa en cuanto a que a mayor porcentaje de PET en las mezclas, menor es la resistencia en el concreto medido a compresión.
3. Los niveles de mitigación en cuanto al impacto del residuo plástico PET, dependen del nivel de gestión y sensibilización de la población en la recolección y segregación en la fuente, de los residuos plásticos, quedando demostrado que la cantidad de envases y/o kilogramos de PET en mezclas de concreto, tiene un significativo porcentaje o cantidad por m³ del mismo, por lo que se convierte en una alternativa factible de mitigación

RECOMENDACIONES

1. Motivar en la gestión de programa de segregación por la MPT, la implementación de estrategias de recolección, segregación y reciclado del PET, hasta su destino final y ejecutar medidas de protección a los ecosistemas urbanos y rurales, de los agentes negativos del residuo PET.
2. Promover la continuación de investigaciones que profundicen aspectos ambientales, tecnológicos y normativos para la elaboración de una norma técnica peruana, sobre el uso de residuos PET en mezclas de concretos.
3. Capacitar a la población sobre los riesgos ambientales del PET en los ecosistemas, y evitar su inadecuado manejo y tratamiento en el destino final, promoviendo alternativas de segundo uso a nivel de reciclado de sus residuos, siendo el uso del mismo altamente factible en mezclas de concreto ciclópeo.
4. Promover un convenio institucional entre la UNJBG y la Municipalidad Provincial de Tacna, para implementar un centro de servicios en la producción de concretos a partir del uso de residuos PET y materiales reciclados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. (2011). Formulación de Mezcla para la elaboración de Bloques utilizando material reciclable PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO) Evaluando su resistencia bajo la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005, INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ALAMO TEMAPACHE, Ingeniería Industrial, México.
- Aguirre, D. (2013). El plástico reciclado como elemento constructor de la Vivienda. (Titulo) Universidad de Cuenca Cuenca-Ecuador.
- Bedoya, C., & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Revista ingeniería de construcción.
- Conesa, V. (1993). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial MUNDI-PRENSA Primera Edición, 1993. Madrid-España.
- Conesa, V. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial MUNDI-PRENSA Tercera edición, 1997. Madrid-España.
- Conesa, V. (2010). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial MUNDI-PRENSA Cuarta edición, 2010. Madrid-España.
- Congreso de la República. (2000). Ley General de Residuos Sólidos. Ley N° 27314. Lima, Perú.
- Congreso de la República de Perú (2005). Ley General del Ambiente. Ley N° 28611. Lima-Perú.
- Congreso de la República (2009). Ley que regula la actividad de los recicladores. Ley N° 29419. Perú.
- Echeverría, E. (2017). Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. (Titulo), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Flores, V., Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, P., & Flores, M. (2014). Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de

- viviendas ecológicas. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre-Bolivia.
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. Revista INVI vol.23 numero 063. Universidad de Chile. Santiago-Chile.
- Gaggino, R., Kreiker, J., Sánchez, M., González, J., Arguello R. (2015). Articulación público-privada para la fabricación de componentes constructivos con materiales reciclados. CEVE, CONICET, Buenos Aires, Argentina
- Galindo, G. (2018). Revisión bibliográfica sobre el uso del plástico como un nuevo material en fabricación de bloques de concreto para la industria de la construcción. (Bachiller), Universidad Católica San Pablo, Arequipa-Perú.
- Gómez, F. & Taeli, R. (2015). La crisis medioambiental y su impacto como epistemología compleja. Revista Luna Azul, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Horna, M. V. (2015). Influencia del tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería. (Titulo). Universidad Privada del Norte. Cajamarca-Perú.
- Machaca, E. (2018). Producción de agregado reciclado para mitigar los impactos ambientales de los residuos de construcción en la ciudad de Tacna, año 2017. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Martínez, J., Morales, D., Jiménez, L. & Salazar, J. (2014). Reducción volumétrica de residuos plásticos (PET, PEAD y PEBD), aplicando un método de conformado artesanal. Ciencia e Ingeniería Vol. 11
- MINAM (2015). Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024. Lima-Perú.
- MINAM, NEFCO & NORDCN, (2013). Informe: Diagnóstico de los Residuos Sólidos en el Perú. Programa NAMA de Residuos Sólidos – Perú.
- MINAM, (2013). Diagnóstico de los Residuos Sólidos en el Perú. Programa NAMA de Residuos Sólidos. Perú.

- Morales, M. (2016). Estudio del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado. (Título), Universidad Nacional de ingeniería, Lima-Perú.
- Municipalidad Provincial de Tacna (2017). Plan de Gestión de los residuos Sólidos. Tacna, Perú
- Muñoz, L. (2012). Estudio del uso del Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. UNAM – México.
- NTP 339.033. Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima, Perú
- NTP 339.034. Ensayo Resistencia Compresión. Lima, Perú
- NTP 339.035. Hormigón. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. Lima, Perú
- NTP 339.036. Concreto. Práctica normalizada para el muestreo de mezclas de concreto fresco. Lima, Perú
- NTP 339.037. Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de concreto. Lima, Perú.
- NPT 339.185. Contenido de humedad de agregados. Lima, Perú.
- NPT 400.010. Agregados. Extracción y preparación de las muestras
- NTP 400.011. Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Lima, Perú.
- NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.
- NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
- NTP 400.022. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, Perú.
- NPT 400.037. Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.
- NTP 900.058. Gestión de residuos. Código de Colores para el Almacenamiento de Residuos Sólidos

- Peralta, R. (2014). Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto convencional $f'c=210$ kg/cm² y el concreto con material reciclado polietileno tereftalato (PET) en la ciudad de Jaén Cajamarca (Titulo). Cajamarca-Perú.
- Pérez, K., Valderrama, J. (2016). ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental. Universidad San Buenaventura, Seccional Cartagena de Indias. Facultad de Ingeniería, Arquitectura, Artes y Diseño. Colombia.
- Pietrobelli, E. (2010). Estudio de la viabilidad del PET reciclado bajo aspectos de la resistencia a la compresión. Curso de Ingeniería Civil. Universidad Comunitaria Regional de Chapecó. Santa Catarina, Brasil.
- PIGARS (2004). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos. Municipalidad Provincial de Tacna. Tacna.
- PIGARS (2014). Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos 2014 - 2021. Municipalidad Provincial de Tacna. Perú.
- Polanco, A. (2012) Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
- RNE (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú.
- Reyna, C., & Silva, J. (2016). Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. (Maestría), Universidad Nacional de Trujillo-Perú.
- San Bartolomé, A. (1994). Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Sánchez, I. (2014). Evaluación del comportamiento de la calidad de los agregados para la elaboración de concreto reciclado Prezy. Instituto Tecnológico de Puebla. México
- Siliceo, L. (2004). Propuesta de empresa de reciclaje de plástico en el sector de envase y embalaje en Puebla. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México.

- Tejada, G. (2010). Manejo de Residuos Sólidos domiciliarios para la reducción del impacto ambiental en la ciudad de Tacna-2009. ESPG, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- The Economist Intelligence Unit (2017). Avances y Desafíos para el Reciclaje inclusivo: Evaluación de 12 ciudades de América Latina y el Caribe. EIU, Nueva York, NY.
- Varela, E. (2014). Asignatura: Biogeografía y Geografía Ambiental. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Formosa. Argentina.
- Velarde, L. (2013). La economía, la sociedad y medio ambiente. CEDES, Universidad de Lima.
- Velarde, E., Pérez, O. (1998). Reciclaje de desechos plásticos en el Perú. Revista de Química Vol. XII. No 2. Lima Perú.
- Vesco, L. (2006). Residuos Sólidos Urbanos. Universidad Abierta Interamericana. Argentina.
- Zamora, C. (2014). Influencia del uso de fibras de polipropileno Fibromac en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm². (Titulo), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

WEBGRAFÍA

- Abipet (2016). Décimo censo da reciclagem do PET no brasil. 10^a Edición. Recuperado de:
- Aduanas Digital (2014). Daños y prejuicios del PET. Agentes Aduanales de México. Recuperado de:
http://www.aaag.org.mx/uploads/files/20161128-108e8_DOCUMENTO_C2872016.pdf
- Beira do Rio (2016). Pesquisa cria tijolos de garrafas PET para a construção de casas. Recuperado de:
<http://www.jornalbeiradorio.ufpa.br/novo/index.php/2003/90-edicao-10/869-pesquisa-cria-tijolos-de-garrafas-pet-para-a-construcao-de-casas>

- Bishop, J., Bertrand, N., Evison, W., Gilbert, S., Grigg, A., Hwang, L., Kallesoe, M., Vakrou, A., Van Der Lugt, C. y Vorhies, F. (2010). La economía de los ecosistemas y la biodiversidad. Recuperado de: http://img.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Business%20and%20Enterprise/Executive%20Summary/Business%20Executive_Spanish.pdf.
- CEMPRE, Uruguay (2019). Pero un día se marchó. Recuperado de: http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=1509:2019-02-18-15-17-14&catid=1:latest-news&Itemid=69.
- Ciencia & Cemento, 2015. Recuperado de: <http://wp.cienciaycemento.com/ladrillos-pet-a-base-de-residuos-plasticos/#comment-5832>
- CONICET, Argentina (2015). Botellas descartables para casas sustentables. Recuperado de: <https://www.conicet.gov.ar/botellas-descartables-para-casas-sustentables/>.
- CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A. Manual de Construcción para Maestros de Obra. Perú. Recuperado de: <http://www.acerosarequipa.com/manualesdigitales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra.html>.
- El Financiero (2018). ¿Cuántas botellas de PET necesitas reciclar para ganar un salario mínimo? México. Recuperado de: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/cuantas-botellas-de-pet-necesitas-reciclar-para-ganar-un-salario-minimo>
- Encinas M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos. 1era Edición. España. Recuperado de: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

file:///C:/Users/JOSE/Downloads/D%C3%A9cimo_Censo_da_Reciclagem_de_PETno_Brasil%20(7).pdf

Gaggino, R., Kreiker, J., Sanchez, M. P., Gonzalez, J., & Arguello, R. (2015). Articulación público-privada para la fabricación de componentes constructivos con materiales reciclados. Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2097>.

López, K. (2003). Hacia un hábitat sostenible: Apuntes para una reflexión conceptual sobre hábitat. Recuperado de: [file:///C:/Users/JOSE/Downloads/Dialnet-HaciaUnHabitatSostenible-5654375%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/JOSE/Downloads/Dialnet-HaciaUnHabitatSostenible-5654375%20(6).pdf)

MINAM (2009). Medidas de ecoeficiencia para el sector público. Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_009-2009-minam.pdf

MINAM (2015). Adaptación y mitigación al cambio climático. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2018/08/3.-Adaptaci%C3%B3n-y-Mitigaci%C3%B3n-al-cambio-clim%C3%A1tico.pdf>

PLANRES (2016-2024). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

Plásticos en los Océanos, Greenpeace. Recuperado de: https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf.

Secretaría de Medio Ambiente de México. ¿Qué es Polietileno-Tereftalato? Recuperado de: https://sma.edomex.gob.mx/que_es_polietilenotereftalato

Tecnología de los Plásticos, 2011. Recuperado de: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>

Universidad de Alicante (2018). Hacia una gestión sostenible de los plásticos en la Universidad de Alicante Diagnóstico y propuestas de actuación. España. Recuperado de: <https://web.ua.es/es/vr->

social/documentos/hacia-una-gestion-sostenible-de-los-plasticos-en-la-
universidad-de-alicante.pdf

Vizconde, H. (2017). Diseño de mezclas. Método ACI. Recuperado de:
[https://es.slideshare.net/edwinticonaquispe3/diseo-de-mezclas-
concreto-metodo-aci](https://es.slideshare.net/edwinticonaquispe3/diseo-de-mezclas-concreto-metodo-aci)

ANEXOS

ANEXO A.
DISEÑO DE MEZCLA

(Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC- Tacna)



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

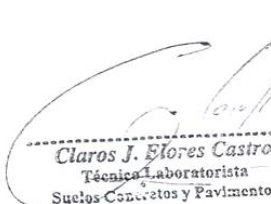
ENSAYO DE PESOS UNITARIOS

NTP. 400.17 / ASTM C - 29

OBRA : RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA.
UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA
SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO
MUESTRA : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018

| ARENA GRUESA | UND. | S U E L T O | | |
|----------------------------------|--------|-------------|--------------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| MUESTRA N° | | | | |
| Peso del molde + la muestra seca | gr. | 14.453 | 14.384 | 14.418 |
| Peso del molde | gr. | 8.300 | 8.300 | 8.300 |
| Peso de la muestra seca neta | gr. | 6.153 | 6.084 | 6.118 |
| Volumen del molde | cc. | 3.225 | 3.225 | 3.225 |
| Peso Unitario | gr/cc. | 1,908 | 1,887 | 1,897 |
| Promedio | gr/cc. | | 1,897 | |

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnica Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

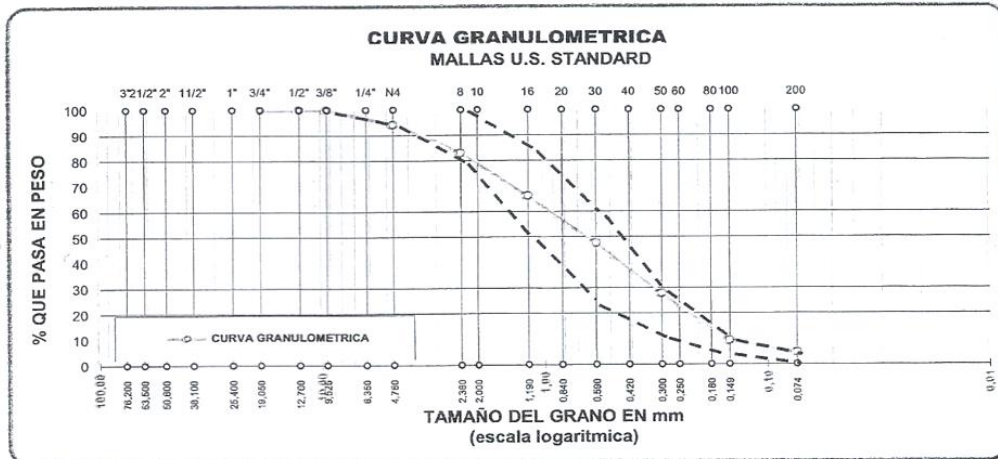




ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C - 136

OBRA : RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA.
UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA
SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO
MUESTRA : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIFIC. | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------|---|
| 3" | 76,200 | | | | | | Muestra : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA Peso de la Muestra 493,70 gr. Modulo de Fineza : 2,7 OBSERVACIONES: La muestra consiste de arena sarandead de perfil sub angular y sub redondeado |
| 2 1/2" | 63,500 | | | | | | |
| 2" | 50,800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38,100 | | | | | | |
| 1" | 25,400 | | | | | | |
| 3/4" | 19,050 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | | |
| 1/2" | 12,700 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | | |
| 3/8" | 9,525 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100 | |
| 1/4" | 6,350 | | | | | | |
| No4 | 4,760 | 28,60 | 5,79 | 5,79 | 94,21 | 95 100 | |
| No8 | 2,380 | 54,80 | 11,10 | 16,89 | 83,11 | 80 100 | |
| No10 | 2,000 | | | | | | |
| No16 | 1,190 | 82,90 | 16,79 | 33,68 | 66,32 | 50 85 | |
| No20 | 0,840 | | | | | | |
| No30 | 0,590 | 91,50 | 18,53 | 52,22 | 47,78 | 25 60 | |
| No40 | 0,420 | | | | | | |
| No 50 | 0,300 | 98,30 | 19,91 | 72,13 | 27,87 | 10 30 | |
| No60 | 0,250 | | | | | | |
| No80 | 0,180 | | | | | | |
| No100 | 0,149 | 91,50 | 18,53 | 90,66 | 9,34 | 2 10 | |
| No200 | 0,074 | 23,50 | 4,76 | 95,42 | 4,58 | 0 5 | |
| | | 22,60 | 4,58 | 100,00 | 0,00 | | |
| TOTAL | | 493,70 | | | | | |



Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL
NTP. 339,185 / ASTM D-2216

OBRA : REICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA.
UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA
SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO
MUESTRA : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018

| MUESTRA Nº | ARENA GRUESA | |
|---|--------------|-------|
| | 1 | 2 |
| Recipiente Nº | | |
| Peso del recipiente | gr. 141,7 | 140,6 |
| Peso del recipiente + la muestra humeda | gr. 845,9 | 996,3 |
| Peso del recipiente + la muestra seca | gr. 834,1 | 982,9 |
| Peso del Agua | gr. 11,8 | 13,4 |
| Peso de la muestra seca neta | gr. 692,4 | 842,3 |
| Porcentaje de humedad | % 1,70 | 1,59 |
| Promedio | % 1,65 | |


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLAY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@GMAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA
MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA.
UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA
SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO
MUESTRA : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE LA ARENA

NTP. 400,022 / ASTM C-128

| MUESTRA N° | UND. | 1 | 2 |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de la fiola + muestra + Agua | gr. | 959,9 | 960,3 |
| Peso de la fiola + Agua | gr. | 651,1 | 651,8 |
| Peso de la muestra (sss) | gr. | 500,0 | 500,0 |
| Volumen desplazado | cc. | 191,2 | 191,5 |
| Peso específico | gr/cc. | 2,615 | 2,611 |
| Promedio | gr/cc. | 2,613 | |

ENSAYO DE ABSORCION DE LA ARENA

| MUESTRA N° | UND. | 1 | 2 |
|--------------------------|------|-------|-------|
| Peso de la muestra (sss) | gr. | 500,0 | 500,0 |
| Peso de la muestra seca | gr. | 491,9 | 492,1 |
| Peso del Agua | gr. | 8,1 | 7,9 |
| Porcentaje de Absorción | % | 1,65 | 1,61 |
| Promedio | % | 1,63 | |

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos, Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO

$f_c=100 \text{ Kg/cm}^2$ - METODO INTEGRAL - ACI

OBRA : REICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA.

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

MUESTRA : ARENA GRUESA PROCEDENTE DE LA CANTERA ARUNTA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018

| CONSTANTES FISICAS | ARENA GRUESA |
|----------------------|--------------|
| Peso específico | 2,613 |
| Peso unitario suelto | 1897 |
| Tamaño máximo | 9,525 mm |
| Humedad Absorción | 1,63 |
| Humedad Natural | 1,65 |

Cemento Portland YURA TIPO IP 2,86

| | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| CONSIDERACIONES : | Slump | 7.5 @ 10 cm |
| | Agua | 228 Kg/m ³ |
| | Aire atrapado | 3 % |
| | Relación agua/cemento | 0,82 |

| MATERIALES PARA 1m ³ /CONCRETO | PESO (Kg) | VOLUMEN ABS. (m ³) |
|---|-----------|--------------------------------|
| Agua | 228,00 | 0,228 |
| Cemento | 278,05 | 0,097 |
| Aire | - | 0,030 |
| Hormigón | 1.685,39 | 0,645 |


CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

| MATERIALES CORREGIDOS | PESO (Kg) | VOLUMEN APAR. (m ³) |
|-----------------------|-----------|---------------------------------|
| Agua | 227,66 | 0,228 |
| Cemento 6,54 bolsas | 278,05 | 0,185 |
| Hormigón | 1.685,73 | 0,889 |

| DOSIFICACION | CEMENTO | HORMIGON | AGUA |
|--------------------------|---------|----------|----------|
| En peso | 1 | 6,06 | 0,82 |
| En volumen | 1 | 4,81 | 1,23 |
| Tanda 1 bolsa de cemento | 42,50 | 257,55 | 34,85 Kg |

OBSERVACIONES:

- 1.- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante
- 2.- La variación por humedad se corregirá en Obra mediante el ensayo de revenimiento (Slump)


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



ANEXO B.
ENSAYOS A COMPRESION DE PROBETAS
(Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos CFC- Tacna)



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 6" X 12 "

FECHA : TACNA , 01 DE DICIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| N° de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura KN | Lectura Kg.-F | Resist. kg/cm ² | % Especificado |
|-------------|-------------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|------------|---------------|----------------------------|----------------|
| 1 | BASE | 100 | 24/11/18 | 01/12/18 | 7 | 176,7 | 121,1 | 12349 | 69,88 | 69,88 |
| 2 | 05% PET | 100 | 24/11/18 | 01/12/18 | 7 | 176,7 | 46,4 | 4731 | 26,77 | 26,77 |
| 3 | 10% PET | 100 | 24/11/18 | 01/12/18 | 7 | 176,7 | 27,9 | 2845 | 16,10 | 16,10 |
| 4 | 15% PET | 100 | 24/11/18 | 01/12/18 | 7 | 176,7 | 19,1 | 1948 | 11,02 | 11,02 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante



Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 6" X 12 "

FECHA : TACNA , 08 DE DICIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| Nº de | DESCRIPCION | F' c-Esp. | Fecha de | Fecha de | Edad | Area | Lectura | Resist. | % Espe- |
|-------|-------------|-----------|----------|----------|--------|-------|---------|---------|----------|
| Prob. | | Kg/cm² | Vaciado | Rotura | (días) | cm² | Kg.-F | kg./cm² | cificado |
| 1 | BASE | 100 | 24/11/18 | 08/12/18 | 14 | 176,7 | 15960 | 90,32 | 90,32 |
| 2 | 5% PET | 100 | 24/11/18 | 08/12/18 | 14 | 176,7 | 4750 | 26,88 | 26,88 |
| 3 | 10% PET | 100 | 24/11/18 | 08/12/18 | 14 | 176,7 | 4170 | 23,60 | 23,60 |
| 4 | 15% PET | 100 | 24/11/18 | 08/12/18 | 14 | 176,7 | 3428 | 19,40 | 19,40 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 6" X 12 "

FECHA : TACNA , 22 DE DICIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F'c-Esp. Kg/cm² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (dias) | Area cm² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm² | % Espe- cificado |
|-------------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | BASE | 100 | 24/11/18 | 22/12/18 | 28 | 176,8 | 17644 | 99,80 | 99,80 |
| 2 | 5% PET | 100 | 24/11/18 | 22/12/18 | 28 | 176,8 | 6029 | 34,10 | 34,10 |
| 3 | 10% PET | 100 | 24/11/18 | 22/12/18 | 28 | 176,8 | 4990 | 28,22 | 28,22 |
| 4 | 15% PET | 100 | 24/11/18 | 22/12/18 | 28 | 176,8 | 3895 | 22,03 | 22,03 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.



Carlos J. Flores Casiro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "

FECHA : TACNA , 12 DE DICIEMBRE DEL 2018

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| N° de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (dias) | Area cm ² | Lectura KN | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Especificado |
|-------------|-------------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|------------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | Base | 100 | 05/12/18 | 12/12/18 | 7 | 78,5 | 53,1 | 5411 | 68,90 | 68,90 |
| 2 | 8% | 100 | 05/12/18 | 12/12/18 | 7 | 78,5 | 40,2 | 4100 | 52,20 | 52,20 |
| 3 | 10% | 100 | 05/12/18 | 12/12/18 | 7 | 78,5 | 37,2 | 3793 | 48,30 | 48,30 |
| 4 | 12% | 100 | 05/12/18 | 12/12/18 | 7 | 78,5 | 35,7 | 3636 | 46,30 | 46,30 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLAY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@GMAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439



PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO
PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"
SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO
UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.
MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "
FECHA : TACNA , 02 DE ENERO DEL 2019

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| N° de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|-------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | Base | 100 | 05/12/18 | 19/12/18 | 14 | 78,5 | 6628 | 84,39 | 84,39 |
| 2 | 8% | 100 | 05/12/18 | 19/12/18 | 14 | 78,5 | 4440 | 56,53 | 56,53 |
| 3 | 10% | 100 | 05/12/18 | 19/12/18 | 14 | 78,5 | 4150 | 52,84 | 52,84 |
| 4 | 12% | 100 | 05/12/18 | 19/12/18 | 14 | 78,5 | 3360 | 42,78 | 42,78 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos, Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "

FECHA : TACNA , 02 DE ENERO DEL 2019

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| N° de Prob. | DESCRIPCION | F° c-Esp. Kg/cm² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm² | % Especificado |
|-------------|-------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------|----------|---------------|-----------------|----------------|
| 1 | Base | 100 | 05/12/18 | 02/01/19 | 28 | 78,5 | 7869 | 100,19 | 100,19 |
| 2 | 8% | 100 | 05/12/18 | 02/01/19 | 28 | 78,5 | 4660 | 59,33 | 59,33 |
| 3 | 10% | 100 | 05/12/18 | 02/01/19 | 28 | 78,5 | 4260 | 54,24 | 54,24 |
| 4 | 12% | 100 | 05/12/18 | 02/01/19 | 28 | 78,5 | 3930 | 50,04 | 50,04 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "

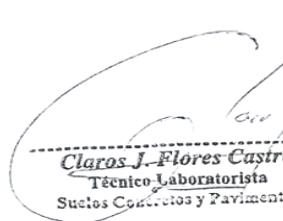
FECHA : TACNA , 04 DE ENERO DEL 2019


ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| N° de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|-------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | Base | 100 | 28/12/18 | 04/01/19 | 7 | 78,5 | 5474 | 69,7 | 69,70 |
| 2 | 8% | 100 | 28/12/18 | 04/01/19 | 7 | 78,5 | 4250 | 54,1 | 54,11 |
| 3 | 10% | 100 | 28/12/18 | 04/01/19 | 7 | 78,5 | 4120 | 52,5 | 52,46 |
| 4 | 12% | 100 | 28/12/18 | 04/01/19 | 7 | 78,5 | 3840 | 48,9 | 48,89 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLAY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@GMAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "

FECHA : TACNA , 04 DE ENERO DEL 2019

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm² | % Especificado |
|-------------|-------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------|----------|---------------|-----------------|----------------|
| 1 | Base | 100 | 28/12/18 | 11/01/19 | 14 | 78,5 | 7893 | 100,50 | 100,50 |
| 2 | 8% | 100 | 28/12/18 | 11/01/19 | 14 | 78,5 | 5412 | 68,91 | 68,91 |
| 3 | 10% | 100 | 28/12/18 | 11/01/19 | 14 | 78,5 | 5320 | 67,74 | 67,74 |
| 4 | 12% | 100 | 28/12/18 | 11/01/19 | 14 | 78,5 | 5018 | 63,89 | 63,89 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@GMAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO

PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

SOLICITA : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO

UBICACIÓN : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA.

MUESTRA : BRIQUETA DE CONCRETO DE 4" X 8 "

FECHA : TACNA , 25 DE ENERO DEL 2019

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F' c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Espe- cificado |
|-------------|-------------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | Base | 100 | 28/12/18 | 25/01/19 | 28 | 78,5 | 8147 | 103,73 | 103,73 |
| 2 | 8% | 100 | 28/12/18 | 25/01/19 | 28 | 78,5 | 5607 | 71,39 | 71,39 |
| 3 | 10% | 100 | 28/12/18 | 25/01/19 | 28 | 78,5 | 5450 | 69,39 | 69,39 |
| 4 | 12% | 100 | 28/12/18 | 25/01/19 | 28 | 78,5 | 5132 | 65,34 | 65,34 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.


Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos



FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLAY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@MAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

| | |
|-----------|--|
| PROYECTO | : "RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA" |
| SOLICITA | : GUSTAVO JOSE BECERRA MOSCOSO |
| UBICACIÓN | : BILLINGHURST 574 - DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA TACNA - REGION TACNA. |
| MUESTRA | : BRIQUETA DE CONCRETO DE 6" X 12 Y BLOQUES DE 8X20cm |
| FECHA | : TACNA , 28 DE MARZO DEL 2019 |

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C39

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Especificado |
|-------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | BRIQUETA 8% PET | 100 | 27/02/2019 | 07/03/2019 | 7 | 176,71459 | 13055 | 73,88 | 73,88 |
| 2 | BRIQUETA 10% PET | 100 | 27/02/2019 | 07/03/2019 | 7 | 176,71459 | 11306 | 63,98 | 63,98 |
| 3 | BRIQUETA 12% PET | 100 | 27/02/2019 | 07/03/2019 | 7 | 176,71459 | 9055 | 51,24 | 51,24 |

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Especificado |
|-------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | BRIQUETA 8% PET | 100 | 27/02/2019 | 14/03/2019 | 14 | 176,71459 | 16785 | 94,98 | 94,98 |
| 2 | BRIQUETA 10% PET | 100 | 27/02/2019 | 14/03/2019 | 14 | 176,71459 | 14537 | 82,26 | 82,26 |
| 3 | BRIQUETA 12% PET | 100 | 27/02/2019 | 14/03/2019 | 14 | 176,71459 | 11642 | 65,88 | 65,88 |

| Nº de Prob. | DESCRIPCION | F c-Esp. Kg/cm ² | Fecha de Vaciado | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Especificado |
|-------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | BRIQUETA 8% PET | 100 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,71459 | 18650 | 105,54 | 105,54 |
| 2 | BRIQUETA 10% PET | 100 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,71459 | 16152 | 91,40 | 91,40 |
| 3 | BRIQUETA 12% PET | 100 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,71459 | 12936 | 73,20 | 73,20 |

OBSERVACIONES

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante



Edwin Flores
Técnico Laboratorio
Sucre 123456789

FND. SAN JOSE AV. GRANADA S/N NRO POCOLLAY - TACNA
EMAIL CLAROS_66@HOTMAIL.COM - EDWIN.CFCTACNA@GMAIL.COM

RUC 20601925207
CEL. 960823210 - 952837439

ANEXO C.
ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION Y PROPIEDADES
FÍSICAS DE BLOQUES DE CONCRETO
(Laboratorio de Concreto UNJBG)



INFORME DE ENSAYO

INF. N° 02-2019—0121221-0125937-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

SOLICITANTE : GUSTAVO BECERRA MOSCOSO

ENTIDAD EJECUTORA : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO.

SERVICIO SOLICITADO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
• Bloques de Concreto
PROPIEDADES FISICAS

PROYECTO : RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA

LUGAR : UNJBG.

FECHA : Tacna, 14 de febrero del 2019.



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



INF. N° 04-2019—0126603-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

El solicitante proporciono 09 briquetas y 03 bloques de concreto.

2. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO

La elaboración de los bloques de concreto se realizo por parte del solicitante.
Los datos y probetas entregadas son de responsabilidad del solicitante.

3. METODOS DE ANALISIS Y ENSAYOS

El método y consideraciones para los ensayos de compresión uniaxial sobre los cubos de concreto, fueron las especificadas en las NORMA ASTM C-39.

4. CONDICION DE LOS ENSAYOS

Temperatura de ensayo: $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

5. RESULTADOS





INF. N° 02-2019—0121221-0125937-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

PROPIEDADES FISICAS

% DE ABSORCION:

| N° | Muestra | Peso saturada M _{SAT} gr | Peso seco M _S gr | M _{SAT} -M _S gr | Porcentaje de Absorción W=((M _{SAT} -M _S)/M _S)*100 % |
|----|-------------|---|-----------------------------------|--|---|
| 1 | Lad PET 10% | 3459.0 | 3389.0 | 70.0 | 2.07 |

HUMEDAD:

| N° | Muestra | Peso húmedo W _h gr | Peso seco W _s gr | W _w =W _h -W _s gr | Humedad W=(W _w /W _s)*100 % |
|----|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| 1 | Lad PET 10% | 3354.4 | 3334.0 | 20.4 | 0.6 |

DENSIDAD:

| N° | Muestra | Peso gr | Dimensiones cm | Volumen cm ³ | Densidad gr/cm ³ |
|----|-------------|------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Lad PET 10% | 3350.0 | 8x10x20 | 1600.00 | 2.09 |

DURABILIDAD SLAKE:

| | | |
|------------|---|-------------------------|
| Muestra | : | Trozos concreto PET 10% |
| N° muestra | : | 1 |

| | | | |
|--------|---|--------|---|
| Peso A | = | 2327.6 | g |
| Peso B | = | 2249.6 | g |
| Peso C | = | 2234.7 | g |
| Peso D | = | 1761.8 | g |

| | |
|---|--|
| Índice durabilidad = $100 \times (C - D) / (A - D)$ | |
|---|--|

| | | | |
|----|---|-------|---|
| Id | = | 83.58 | % |
|----|---|-------|---|

Durabilidad Media



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



INF. N° 02-2019—0121221-0125937-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

| Nº | DESCRIPCION | Diseño Kg/cm ² | Fecha de Elaboración | Fecha de Rotura | Edad (días) | Área cm ² | Lectura Kg.-F | Resist. kg./cm ² | % Espe- cificado |
|----|------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | Ladrillo PET 10% | 100 | 31-12-18 | 30-01-19 | 30 | 200.00 | 28510 | 142.55 | 142.55 |
| 2 | Ladrillo PET 10% | 100 | 31-12-18 | 30-01-19 | 30 | 200.00 | 29530 | 147.65 | 147.65 |
| 3 | Ladrillo PET 10% | 100 | 31-12-18 | 30-01-19 | 30 | 200.00 | 30380 | 151.90 | 151.90 |

Elaborado por:


ESTEBAN BONIFACIO MACHACA TRUJILLO
INGENIERO DE MINAS
Reg. CIP 140390



Dr. Carlos Huisa Ceori
Jefe de Laboratorio
CIP 37291

ANEXO D.
ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESION
DE BLOQUES Y PROBETAS DE CONCRETO

(Laboratorio de Concreto UNJBG)



INFORME DE ENSAYO
INF. N° 04-2019—0126603-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

| | |
|-----------------------------------|--|
| <u>SOLICITANTE</u> | : GUSTAVO BECERRA MOSCOSO |
| <u>ENTIDAD EJECUTORA</u> | : UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO. |
| <u>SERVICIO SOLICITADO</u> | : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN • Bloques de Concreto • Briquetas de Concreto |
| <u>PROYECTO</u> | : RECICLADO DE RESIDUOS PLASTICOS PET EN DOSIFICACION DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA MITIGAR SU IMPACTO AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE TACNA |
| <u>LUGAR</u> | : UNJBG. |
| <u>FECHA</u> | : Tacna, 16 de abril del 2019. |



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



INF. N° 04-2019—0126603-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

El solicitante proporciono 09 briquetas y 03 bloques de concreto.

2. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO

La elaboración de los bloques de concreto se realizó por parte del solicitante.
Los datos y probetas entregadas son de responsabilidad del solicitante.

3. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y ENSAYOS

El método y consideraciones para los ensayos de compresión uniaxial sobre los cubos de concreto, fueron las especificadas en las NORMA ASTM C-39.

4. CONDICIÓN DE LOS ENSAYOS

Temperatura de ensayo: $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

5. RESULTADOS





Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



INF. N° 04-2019—0126603-EBMM-LMRC-ESMI-FAIN-UNJBG

ENSAYO DE COMPRESION DE BRIQUETAS DE CONCRETO

| N° | DESCRIPCION | Diseño Base Kg/cm ² | Fecha de Elaboración | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg-F | Resist. Kg/cm ² | % Especificado |
|----|------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Briqueta 8% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 78,54 | 7822 | 99,59 | 99,59 |
| 2 | Briqueta 10% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 78,54 | 6950 | 88,49 | 88,49 |
| 3 | Briqueta 12% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 78,54 | 5608 | 71,40 | 71,40 |
| 4 | Briqueta 8% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,72 | 17100 | 96,76 | 96,76 |
| 5 | Briqueta 10% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,72 | 15039 | 85,10 | 85,10 |
| 6 | Briqueta 12% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 176,72 | 12335 | 69,80 | 69,80 |

ENSAYO DE COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO

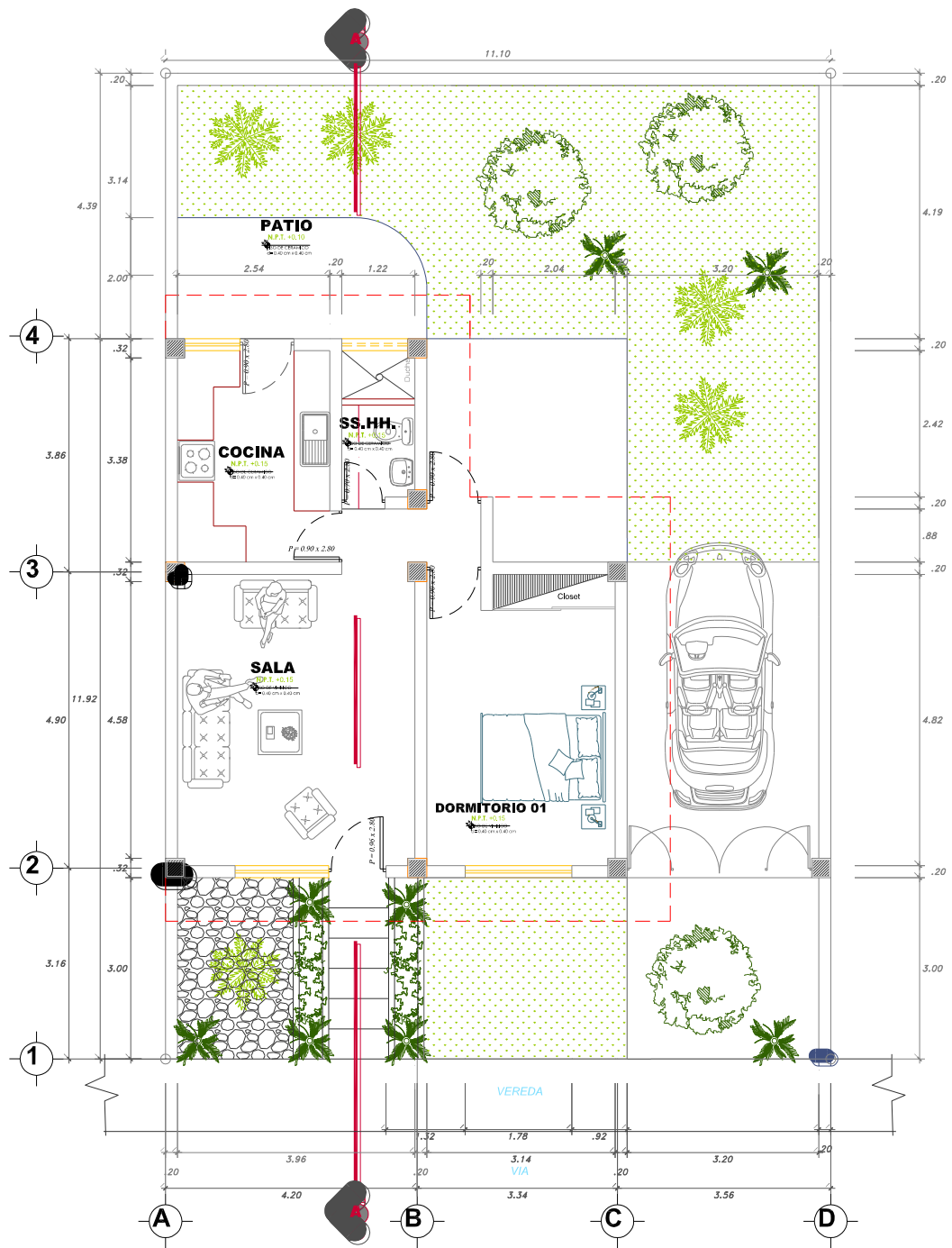
| N° | DESCRIPCION | Diseño Base Kg/cm ² | Fecha de Elaboración | Fecha de Rotura | Edad (días) | Area cm ² | Lectura Kg-F | Resist. Kg/cm ² | % Especificado |
|----|----------------|--------------------------------|----------------------|-----------------|-------------|----------------------|--------------|----------------------------|----------------|
| 1 | Bloque 8% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 200,00 | 30121 | 150,61 | 150,61 |
| 2 | Bloque 10% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 200,00 | 28670 | 143,35 | 143,35 |
| 3 | Bloque 12% PET | 100,00 | 27/02/2019 | 28/03/2019 | 28 | 200,00 | 25444 | 127,22 | 127,22 |

Elaborado por:

Esteban
 ESTEBAN BONIFACIO MACHACA MAMANG
 INGENIERO DE MINAS
 Reg. CIP 140390

Jorge J. Segura Davila
 Dr. Ing. Jorge J. Segura Davila
 Jefe de Laboratorio
 CIP 38274

ANEXO E.
DISEÑO MÓDULO DE VIVIENDA CON
RESIDUOS PET



DISTRIBUCION 1º NIVEL

ESC: 1/50

Planta de módulo de vivienda con residuo PET.



Vista anterior de módulo de vivienda



Vista posterior de módulo