

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   
elaborado con material de reciclaje plástico - Huaraz – 2017**

Tesis para optar el título de ingeniero civil

**Autor**

Jara Domínguez, Manuel Ignacio

**Asesor**

Flores Reyes, Gumercindo

Huaraz – Perú

2018

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Material Reciclable, Resistencia.
Especialidad	Concreto

**KEY WORDS:**

Topic	Recyclable Material, Resistance.
Specialization	Concrete

Línea de investigación: Ingeniería civil

**Resistencia a la compresión del concreto de  
f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> elaborado con material de  
reciclaje plástico - Huaraz - 2017**

## **Resumen:**

El propósito de la presente investigación fue determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por material de reciclaje; plástico en la ciudad de Huaraz – 2017, investigación que se realizó en la ciudad de Huaraz en el año 2017, utilizando agregados de la cantera de Tacllan ubicado en las riveras del rio Santa, el plástico de las distintas tiendas comerciales de la ciudad de Huaraz, el cemento utilizado fue portland tipo I, con la finalidad de encontrar diferentes alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la construcción e ingeniería civil.

Esta investigación trató sobre la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico, para ello en primer lugar, se estudió las características físicas de los agregados consistente en su granulometría, contenido de humedad, gravedad específica y porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compactado, todas estas pruebas se realizaron en el laboratorio de la Universidad San Pedro – Huaraz, el pH del plástico se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, lo cual indica que el plástico es un material clasificado como ácido, seguidamente se realizaron las probetas de concreto: patrón y experimentales con la sustitución del agregado grueso por plástico, finalmente las resistencias a la compresión de las probetas a los 28 días, indican que el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión mayor en 10.45% en comparación con el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje; mientras que el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje está por debajo de la resistencia del concreto patrón en 14.25%.

## **Abstract**

The purpose of this research was to determine the compressive strength of concrete  $F'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  with the replacement of coarse aggregate in 10 and 15% by recycling material plastic in the city of Huaraz - 2017, research that was carried out in the city of Huaraz in 2017, using aggregates from the Tacllan quarry located on the banks of the Santa River, the plastic from the different commercial stores in the city of Huaraz, the cement used was portland type I, in order to find different alternatives of materials to be applied in the field of construction and civil engineering.

This research dealt with the substitution of the coarse aggregate by recycling material: plastic, for it first of all, the physical characteristics of the aggregates were studied, consisting of their granulometry, moisture content, specific gravity and percentage of absorption, loose unit weight and compacted, all these tests were performed in the laboratory of the University San Pedro - Huaraz, the pH of the plastic was made in the laboratory of the National University of Engineering, which indicates that the plastic is a material classified as acid, then were made the specimens of concrete: standard and experimental with the replacement of the coarse aggregate by plastic, finally the resistance to compression of the specimens at 28 days, indicate that the concrete pattern has a compressive strength higher by 10.45% compared to the experimental concrete with the replacement of the coarse aggregate by 10% per rec material icing; while the experimental concrete with the replacement of the coarse aggregate in 15% by recycling material is below the resistance of the concrete pattern in 14.25%.

## Índice General

### Contenido

Palabras clave - key words	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I). Introducción	1
II). Metodología	24
III). Resultados	27
IV). Análisis y discusión	37
V). Conclusiones y Recomendaciones	39
VI). Agradecimientos	41
VII). Referencias bibliográficas	42
VIII). Anexos y apéndices	45

## Lista de Tablas

Tabla N° 1. Componentes principales del cemento Portland tipo I	11
Tabla N° 2. Composición química del cemento	11
Tabla N° 3. Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción	14
Tabla N° 4. Requerimientos de Agua aproximada de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado	17
Tabla N° 5. Relaciones entre la relación Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto	18
Tabla N° 6. Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas	18
Tabla N° 7. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto	19
Tabla N° 8. Calculo tentativo del peso del concreto fresco	20
Tabla N° 9. Esquema del diseño experimental	24
Tabla N° 10. Técnicas e instrumentos	25
Tabla N° 11. pH del material de reciclaje: Plástico PET	28
Tabla N° 12. Relación Agua – Cemento para las muestras: Patrón y Experimentales	28
Tabla N° 13. Resistencias de los especímenes de concreto patrón $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	29
Tabla N° 14. Resistencias de los especímenes de concreto experimental $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico	30
Tabla N° 15. Resistencias de los especímenes de concreto experimental $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico	31

Tabla N° 16. Resistencias promedio de los especímenes de concreto patrón y experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por material de reciclaje: plástico.	32
Tabla N° 17. Resistencias promedio de los especímenes de concreto patrón y experimental $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por material de reciclaje: plástico, expresado en porcentajes	33
Tabla N° 18. Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrón y experimentales $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	36
Tabla N° 19. Contenido de humedad del Agregado Fino ASTM D 216-71 (Agregado fino)	61
Tabla N° 20 Contenido de humedad del agregado grueso ASTM D 216-71 (Agregado grueso)	61
Tabla N° 21. Granulometría del agregado fino	62
Tabla N° 22. Granulometría del agregado grueso	64
Tabla N° 23. Gravedad específica y absorción del agregado fino	66
Tabla N° 24. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	66
Tabla N° 25. Peso unitario del agregado fino	67
Tabla N° 26. Peso unitario del agregado grueso	67
Tabla N° 27. Datos para el diseño de mezcla	68
Tabla N° 28. Datos de diseño	69
Tabla N° 29. Proporcionamiento de diseño	70
Tabla N° 30. Cantidad de materiales para el concreto patrón (09 probetas)	70
Tabla N° 31. Cantidad de materiales para el concreto experimental (con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico)	70
Tabla N° 32. Cantidad de materiales para el concreto experimental (con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico)	70



## **Lista de Figuras**

Figura N° 1. Identificación del tipo de polímero a través de las espectroscopias infrarrojas FTIR al plástico (PET)	27
Figura N° 2. Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales	34
Figura N° 3. Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales, expresado en porcentajes respecto a la resistencia de diseño	35
Figura N° 4. Curva Granulométrica del agregado fino	63
Figura N° 5. Curva Granulométrica del agregado grueso	65

## **I). Introducción**

De los antecedentes encontrados se ha tomado en cuenta algunos de los más relevantes para realizar la presente investigación, según Hernández (2011), en su investigación, busco determinar las características mecánicas a compresión que adquiere el concreto, al adicionarle materiales de reciclaje, en este caso, el plástico y las llantas. Asimismo, observar los cambios en el trabajo, factor que, de alguna manera, podría condicionar el uso de dichas mezclas, quien llego a las siguientes conclusiones:

La adición de los materiales de reciclaje redujo la resistencia a la compresión del concreto, siendo dicha reducción mayor en el concreto con material de llanta, asimismo la resistencia a la compresión alcanzada por la mezcla patrón fue menor a la resistencia para la cual fue diseñada, esto se debió seguramente a deficiencias en la calidad de los agregados pétreos utilizados en la misma, el concreto con materiales de reciclaje mantuvo su peso alrededor de los valores promedio, a pesar de la adición de los materiales de reciclaje que son más livianos y las mezclas con materiales de reciclaje, estudiadas, presentan características aptas para usos no estructurales; sin embargo, poseen la ventaja de ser un método de mitigación de daños ambientales producidos por este tipo de desechos.

En la investigación realizada por Alegre y Alejandro (2014), se encargaron de comprobar si el vidrio reciclado tiene comportamiento como material para la elaboración del concreto, llegando a las siguientes conclusiones.

Que el concreto con las sustituciones del 5% y 10% del cemento por vidrio superan las resistencias del concreto patrón, mientras que el concreto con la sustitución del 15% del cemento por vidrio tiene menor resistencia en comparación con el concreto patrón. Del mismo modo el uso del vidrio es apropiado para la elaboración del concreto en porcentajes pequeños.

Así mismo en la investigación realizada por Mejía (2017), busco determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del cemento en un 3 y 6% por la arcilla activada mecánicamente de la localidad de Paria Huaraz, quien llego a las siguientes conclusiones: Que el comportamiento de las

resistencias obtenidas a los 07, 14 y 28 días del concreto patrón y concretos experimentales se observa que el concreto patrón tiene mayores resistencias que los concretos experimentales, según la prueba estadística de análisis de la varianza, se observa que existen diferencias significativas en las resistencias del concreto patrón y experimentales con la sustitución del cemento en un 3% y 6% por arcilla de la localidad de Paria - Huaraz.

En la investigación realizada por García (2013), se trató de determinar la factibilidad de los bloques de hormigón con agregados de residuos plásticos ABS, llegando a obtener las siguientes conclusiones:

Que el bloque de 6" con plástico ABS es factible operacionalmente, ya que el proceso de fabricación fue exactamente igual al de un bloque convencional. Los resultados arrojaron que el funcionamiento de la máquina no se ve afectado por la sustitución de gravilla por plástico ABS triturado, es decir, que las variables operativas de rendimiento, velocidad y tiempo de compactación de máquina en este tipo de bloques no son afectadas en comparación a lo convencional. Además, en cuanto a los resultados de peso, es notable que el ABS por su menor peso específico reduce el peso promedio del block de 6" en 2lb para una sustitución del 40% de gravilla. Contrario a lo que se podría creer, el uso de plástico ABS en bloques de 6" no sólo cumple con los parámetros de ASTM, sino que supera al bloque convencional en resistencia a los 7, 15 y 28 días en el caso de la sustitución de 10% y 25%, siendo ideales como mampostería estructural. Adicional a esto, la forma de falla en los bloques de 6" con plástico ABS es exactamente igual a la de los convencionales, por lo que se concluye que el ABS no afecta al bloque en ese sentido. Las dimensiones también se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por lo que no se hizo hincapié en esto dentro de la investigación.

Asimismo, la investigación realizada por Reyna (2016), busco determinar los resultados de la reutilización de los residuos 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, llegando a las siguientes conclusiones:

Que al reutilizar los residuos 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, quedando demostrado que, si se pueden reutilizar estos residuos, en los porcentajes propuestos, para reemplazar los áridos del concreto. También se determinó el diseño de mezcla para el concreto conteniendo los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, siendo los porcentajes en peso propuestos 5%, 10% y 20%. Asimismo, se determinó la resistencia de compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del concreto conteniendo los residuos de plástico PET, bagazo de caña de azúcar y papel, obteniéndose el resultado de 459.26 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto conteniendo plástico PET al 5% en peso como la resistencia más óptima. La tendencia que se pudo observar es que la resistencia a la compresión del concreto conteniendo los residuos disminuye conforme se aumenta el % en peso de los residuos. Y finalmente se realizó el análisis de costos unitarios del concreto normal y el concreto conteniendo los residuos de plástico PET al 20%, como resultado se obtuvo que hay un ahorro de S/. 14.25 al utilizar plástico PET.

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos recientes realizados sobre la resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con material de reciclaje: plástico.

Mediante la presente investigación, se busca determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por material de reciclaje: plástico en la ciudad de Huaraz - 2017, los resultados beneficiaran a las empresas constructoras, a los investigadores y a la sociedad en general, al disminuir la cantidad del agregado grueso y mitigar la contaminación ambiental a través del uso del material de reciclaje: plástico.

La investigación se justifica técnicamente porque el concreto con la sustitución del agregado grueso en un 10% y 15% por material de reciclaje: plástico está basado en los fundamentos científicos de la tecnología del concreto.

Se justifica económica y social y ambientalmente; debido a que el diseño de concreto será más beneficioso ya que se utilizará menos cantidad de agregado grueso,

en tal sentido permitirá disminuir la contaminación ambiental por los plásticos que día a día son arrojados por la población.

Por lo tanto, este proyecto está encaminado a determinar comparativamente la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas de concreto con la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico en los porcentajes indicados, el análisis comparativo también implica la comparación con la resistencia a compresión del concreto sin adición (concreto patrón) para una fuerza de compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.) pueden producir concretos de distintas resistencias (Cerón et al. 1996)

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta. ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con material de reciclaje: plástico en la ciudad de Huaraz, 2017?

El concreto es un material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Díaz, 2010).

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

De estas definiciones se puede conceptuar que el concreto es un producto híbrido cuyas características son el resultado de los aportes de las reacciones físico químicas de la interacción de cada componente.

El concreto es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2000).

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra chancada) y agua. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras (Osorio, 2013).

**La trabajabilidad:** Es una propiedad muy importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

**Impermeabilidad:** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Las principales propiedades del concreto fresco: Trabajabilidad, consistencia, compacidad, segregación, exudación, contracción, peso unitario, contenido de aire.

En el estado endurecido el concreto presenta las siguientes propiedades: Resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad, estabilidad volumétrica, elasticidad, etc.

### **Resistencia a la compresión:**

Neville (1999). Indica que algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Mather & Ozyildirim, 2004).

Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Céspedes, 2003).

### **Dosificación de una mezcla de concreto.**

Las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con dichas características con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de prueba y error o el sistema de ajuste y reajuste.

Dicho sistema consiste en preparar una mezcla de concreto con unas proporciones iniciales y calculadas por diferentes métodos. A la mezcla de prueba se le realizan los diferentes ensayos de control de calidad como asentamiento, pérdida de manejabilidad, masa unitaria, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión.

Estos datos se comparan con la especificación y si llegan a ser diferentes o no cumplen con la expectativa de calidad se reajustan las cantidades, se elabora nuevamente la mezcla que debe cumplir todos los ensayos de control de calidad, si

nuevamente no cumple los requisitos exigidos es necesario revisar los materiales, el método del diseño y nuevamente otra mezcla de concreto hasta ajustar los requisitos exigidos por la especificación.

### **Materiales y ensayos:**

La propiedad mecánica más preponderante del concreto es su resistencia a la compresión,  $f'_c$ , la cual depende de muchos factores como la calidad y proporción de sus materiales, la edad, la forma de elaboración y manejo del concreto fresco y su curado. Los principales factores que influyen en la resistencia se describen a continuación.

### **Agregados:**

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Los agregados o áridos ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, su uso tiene la finalidad de disminuir costos, brindar resistencia a la aplicación de carga y a la abrasión, además contrarrestar la filtración de humedades y la acción de otros agentes externos.

Los agregados, normalmente obtenidos de cantera o de explotaciones en fuentes hídricas superficiales, son todo material se entiende todo material granular como la arena, la grava, piedra triturada o residuos de hierro de los hornos, que son usados con un medio cementante para formar concretos o morteros (ASTM C125). La proporción de agregados oscila entre setenta a ochenta por ciento de la mezcla que se prepare (Serrano, 2010). La forma, textura y angular entre otras características del material pétreo tienen especial efecto en la resistencia y durabilidad del concreto. (Serrano, 2010).

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las



condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Son los agregados que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos fluviales (arenas y gravas de ríos) o de glaciales y de canteras de diversas rocas. Se pueden aprovechar en su gradación natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas, dependiendo del tipo de hormigón que se desea fabricar.

### **Clasificación de los agregados:**

Según, (Abanto Castillo, 2009) “Tecnología del concreto”. Los agregados se clasifican básicamente en agregado grueso y agregado fino.

### **Agregado fino:**

Neville (1999), indica que el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la NTP 400.037. La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla).

Rivva, (2007) afirma que el agregado fino debe tener un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla. Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8” y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. Podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes. Debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones,

partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### **Agregado Grueso.**

Según Rivva, (2007). En su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, A., 1999).

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó

1/3 de la altura de las losas ó

¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

### **Cemento:**

Abanto (2007). Define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta

conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. También podemos decir de manera general que el cemento es cualquier material que posee propiedades cohesivas

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos que se indican: (Rivva, 2004)

Las especificaciones para cementos Portland de la Norma ASTM C 150 o NTP, en el caso de los cementos Tipo I (NTP 334.009), Tipo II (NTP 334.038), Tipo V (NTP334.040)

Las especificaciones para cementos hidráulicos Combinados de la Norma ASTM C 595 en el caso de los cementos IP y Tipo IP (M) (NTP 334.044)

Las especificaciones ASTM y/o NTP correspondientes para otros tipos de Cemento si los hubiera.

### **Componentes químicos:**

Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto, 2009, pág. 16)

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450 C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de

reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto, 2009, pág. 15)

Según (Rivera, pág. 23) los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento Portland Tipo I y las proporciones generales en que intervienen son como se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N° 01**

*Componentes principales del cemento portland tipo I*

OXIDOS	CONTENIDO (%)
Oxido de calcio (CaO)	60 - 67
Oxido de Silice ( $\text{SiO}_2$ )	17 - 25
Oxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	3 - 8
Oxido de Fierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0.5 - 6.
Oxido de Magnesio MgO	0.1 - 4.0
Álcalis	0.2 - 1.3
Óxido de azufre ( $\text{SO}_3$ )	1 - 3

Fuente: [http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/14\\_Clase%20Modulos%20y%20M.%20cruzado.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/14_Clase%20Modulos%20y%20M.%20cruzado.pdf)

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento Portland Tipo I.

**TABLA N° 02**

*Composición química del cemento*

Items	ASTM C150	
	Units	Specification
	<i>Chemical analysis</i>	
$\text{SiO}_2$	%	$\leq 22.0$
$\text{Al}_2\text{O}_3$	%	$\leq 5.80$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	%	$\leq 4.00$
$\text{CaO}$	%	$\geq 59.00$
$\text{MgO}$	%	$\leq 6.00$
$\text{SO}_3$	%	$\leq 3.0$

Fuente: Norma ASTM C-150

Existen diferentes tipos de cemento que son:

**TIPO I:** Para uso general en la construcción con hormigón en condiciones normales, destinados a usos generales: estructuras, pavimentos, bloques, tubos de hormigón.

**TIPO II:** Adecuado en general para obras hidráulicas por su calor de hidratación moderado y su regular resistencia a los sulfatos.

**TIPO III:** Rápida resistencia alta, recomendable para sustituir al tipo I en obras de emergencia; adquiere una determinada resistencia, en igualdad de condiciones, en la tercera parte del tiempo que necesita para ello el cemento tipo I.

**TIPO IV:** De bajo calor, adecuado para la construcción de grandes espesores (presas) porque su calor de hidratación es muy reducido.

**TIPO V:** De alta resistencia a los sulfatos, recomendable en cimentaciones expuestas a la acción de aguas sulfatadas y agresivas.

### **Plástico**

El Plástico de denominación Polietileno Tereftalato (PET) es un polímero plástico, lineal, con alto grado de cristalinidad y de comportamiento termoplástico; caracterizado por una alta pureza, alta resistencia y tenacidad resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y con buenas propiedades dieléctricas; tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

El PET se obtiene mediante la condensación del etilenglicol y el ácido tereftálico, el cual asume el papel primario en las fibras y materiales de moldeo.

El PET tiene una temperatura de transición vítrea baja (temperatura a la cual un polímero amorfo se ablanda). Esto ocasiona que los productos fabricados con dicho material no puedan calentarse por encima de dicha temperatura (por ejemplo, las botellas fabricadas con PET no pueden calentarse para su esterilización y posterior reutilización).

### **Propiedades del PET**

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran

diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas. Entre las características más importantes que presenta el PET, se encuentran:

Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.

Alta resistencia al desgaste y corrosión.

Muy buen coeficiente de deslizamiento.

Buena resistencia química y térmica.

Muy buena barrera a CO<sub>2</sub>, aceptable barrera a O<sub>2</sub> 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.

Totalmente Reciclable.

Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes

Viscosidad intrínseca: La Viscosidad Intrínseca del material es dependiente de la longitud de su cadena polimérica. Entre más larga la cadena polimérica, más rígido es el material y por lo tanto más alta la Viscosidad Intrínseca.

Muy ligero, en relación a su resistencia.

Alto grado de transparencia y brillo, que conserva el sabor y el aroma de los alimentos.

### **Interacción cemento, arena, plástico y agua.**

Los materiales compuestos son estructuras en las que se combinan dos o más materiales para producir uno nuevo, cuyas propiedades no se podrían alcanzar con métodos convencionales. Las aplicaciones más frecuentes de los materiales compuestos se encuentran en materiales estructurales donde son importantes la rigidez,

la resistencia y la baja densidad, y son solo moderadamente costosos. Aquí las fibras de cemento, arena y PET son fuertes y rígidas, pero con poca ductilidad. El agua tiene dos papeles muy importantes; es un medio que transfiere aglutinamiento y genera la interface entre el cemento, la arena y el agua. Entre el agua, la arena y el cemento hay reacción química, pero entre estos tres y el PET no hay reacción alguna solo cierta adherencia. Éste sustituye a la grava y reacciona cuando está sujeto a altas temperaturas.

### **Método ACI Para Diseño De Mezclas De concreto.**

El método estudiado en el presente trabajo tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211. El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1m<sup>3</sup> de concreto.

Los factores más importantes que deben considerarse al seleccionar el proporcionamiento de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211), se incluyen en los siguientes pasos:

#### **PASO 1: Elección del revenimiento para cumplir los requisitos de trabajo:**

Cuando no se especifica el revenimiento, puede seleccionarse un valor apropiado para la obra de los que aparecen en Tabla 03.

**TABLA N° 03:**

*Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción [ACI 211]*

Tipos de Construcción	Revenimiento, cm	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	8	2
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructuras sencillos	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	8	2

Fuente: Método ACI 211

El revenimiento se puede incrementar cuando se emplee aditivos químicos, siempre que la mezcla de concreto tenga la misma o más baja relación Agua/Cemento y no exhiba segregación o sangrado excesivo. \*También se puede incrementar 2 cm, cuando los métodos de compactación no sean por vibrado.

**PASO 2: Elección del tamaño máximo del agregado:** Los agregados de tamaño máximo o agregados bien graduados tienen menos vacíos que los tamaños pequeños. Por lo tanto, concretos con tamaños más grandes requieren menos mortero por unidad de volumen del concreto.

Generalmente el tamaño máximo del agregado debe ser el más grande que esté económicamente disponible y el que resulte compatible con las dimensiones de la estructura. En ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso debe exceder de 1/5 de la menor dimensión entre los costados de las cimbras, 1/3 del espesor de la losa, ni 3/4 de la separación mínima entre varillas de refuerzo o paquetes de varillas.

En algunas ocasiones estas limitaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales, que el concreto pueda ser colado sin que se formen cavidades o vacíos. Cuando se desea un concreto de alta resistencia los mejores resultados se obtienen reduciendo el tamaño máximo del agregado, ya que estos producen resistencias altas con una relación Agua/Cemento determinada.

**PASO 3: Determinación del agua de mezclado y contenido de aire:** La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido.

En la Tabla 05, aparecen valores estimados del agua de mezclado requerida para concretos hechos con diversos tamaños máximos de agregados, con o sin aire incluido. Dependiendo de la textura y forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación.



Tales diferencias en los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, ya que existen otros factores que compensan y que pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos similarmente bien graduados y de buena calidad, pueden producirse concretos de aproximadamente igual resistencia a la compresión utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua/cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado.

La forma de la partícula en sí, no constituye un indicio de que un agregado este por encima o por debajo del promedio en su capacidad de producción de resistencia. En la parte superior del cuadro 3.3, se indica la cantidad aproximada de aire atrapado que puede esperarse en concretos sin aire incluido, premeditada, y en la parte inferior, el promedio de contenido de aire recomendado para concretos con aire incluido.

Para el caso de que sea necesario o deseable incluir aire, se señalan tres niveles de contenido de aire para cada tamaño de agregado, los que dependen del propósito de la inclusión de aire y de la severidad de la exposición, si la inclusión de aire está en función de la durabilidad [ACI 211].

**Exposición Ligera:** cuando se desee la inclusión de aire por otros efectos benéficos que no sean la durabilidad, por ejemplo, para mejorar la cohesión o trabajabilidad, o para incrementar la resistencia del concreto con bajo factor de cemento, pueden emplearse contenidos de aire inferiores a los necesarios para la durabilidad. Esta exposición incluye servicio interior o exterior en climas en los que el concreto no estará expuesto a agentes de congelación y deshielo.

**Exposición Moderada:** implica el servicio en climas en donde es probable la congelación, pero en los que el concreto no estará expuesto continuamente a la humedad o al agua corriente durante largos periodos antes de la congelación, ni agentes descongelantes u otros productos químicos agresivos.

**Exposición Severa:** el concreto expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o bien, cuando el concreto pueda resultar altamente saturado por el

contacto continuo con humedad o agua corriente antes de la congelación. Ejemplos de estos son: pavimentos, pisos de puentes, guarniciones, desagües, aceras, revestimiento de canales, tanques exteriores para agua o resumideros [ACI 211].

**TABLA N° 04:**

*Requerimientos de Agua aproximada de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado [ACI 211].*

<b>Agua, Kg/m<sup>3</sup> de concreto para tamaño máximo nominal de agregado indicado</b>								
	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>
<b>Revenimiento, cm</b>	<b>10</b>	<b>12.5</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>150</b>
<b>Concreto sin aire incluido</b>								
De 3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
De 7 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
De 15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incluido</b>								
De 3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
De 7 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
De 15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-
% total del aire atrapado	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Método ACI 211

**PASO 4: Elección de la relación agua/cemento:** la relación agua/cemento requerida se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad y las propiedades del acabado.

Puesto que los diferentes agregados y cementos generalmente producen distintas resistencias empleando la misma relación agua/cemento, es muy deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales que de hecho van a emplearse. En ausencia de estos datos, pueden tomarse del cuadro 3.4 valores aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Portland Tipo I.

**TABLA N° 05:***Relaciones entre la relación Agua/Cemento y la resistencia a la compresión del concreto [ACI 211]*

<b>Resistencia a la compresión a los 28 días*</b>	<b>Relación agua / cemento (por peso)</b>	
	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Concreto sin incluir aire</b>
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Método ACI 211

\*Los valores indican las resistencias promedio estimadas para concreto conteniendo un porcentaje de aire no mayor que el indicado en la tabla 3.4 para la relación agua cemento constante. La resistencia del concreto se reduce conforme el contenido de aire aumenta. La resistencia está basada en cilindros de 15 x30 cm.

El promedio de la resistencia seleccionada en la Tablas N° 06, debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente de error para condición de exposiciones severas, la relación agua cemento debe mantenerse baja, aun cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor. En la Tabla 08, se establecen los valores límites.

**TABLA N° 06***Relaciones agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas.*

<b>Tipos de estructuras</b>	<b>Estructuras continuas o frecuentemente mojadas y expuestas congelación y deshielo</b>	<b>Estructuras expuestas al agua de mar o a sulfatos</b>
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm.	0.45	0.40
Todas las demás estructuras	0.50	0.45

Fuente: Método ACI 211

**PASO 5: Cálculo del Contenido de Cemento:** la cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en el paso 3 y 4. El

cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso 3), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 4).

Sin embargo, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento aparte de los requerimientos para la resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

**PASO 6: Estimación del contenido de agregado grueso:** los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales producirán concreto con una trabajabilidad satisfactoria cuando un volumen dado de agregado grueso, seco y varillado, es utilizado por unidad de volumen de concreto.

Valores apropiados de volumen para el agregado grueso están dados en la Tabla 07. Se puede ver que para una trabajabilidad igual, el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto depende sólo de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino. Este volumen se convierte a masa seca del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por la masa unitaria de varillado en seco por metro cúbico de agregado grueso [ACI 211].

**TABLA N° 07:**

*Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto [ACI 211]*

Tamaño máximo del agregado		Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
Mm	Plg.	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.80	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Método ACI 211

**PASO 7: Estimación del contenido de agregado fino:** al término del paso 6, todos los ingredientes del concreto han sido estimados excepto el agregado fino, cuya

cantidad se determina por diferencia. Se pueden emplear cualquiera de estos procedimientos: 1.- método por “peso”, 2.- método de “volumen absoluto”. Si se desea obtener un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cubico, se puede utilizar la siguiente formula:

$$U_m = 10G_a(100 - A) + C_m(1 - G_a/G_c) - W_m(G_a - 1)$$

De donde:

**U<sub>m</sub>** = Peso volumétrico del concreto fresco.

**G<sub>a</sub>** = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados, fino y grueso combinados al granel.

**G<sub>c</sub>** = Peso específico del cemento, por lo general es de 3.15.

**A** = Contenido de aire, en %.

**W<sub>m</sub>** = Requerimiento de agua de mezclado Kg/m<sup>3</sup>.

**C<sub>m</sub>** = Requerimiento de cemento, Kg/m<sup>3</sup>.

**TABLA N° 08:**

*Calculo tentativo del peso del concreto fresco*

Tamaño máximo del agregado		Calculo tentativo del peso del concreto, Kg/m <sup>3</sup>	
Mm	Plg.	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
9.5	3/8"	2280	2200
12.5	1/2"	2310	2230
19	3/4"	2345	2275
25	1"	2380	2290
37.5	1 1/2"	2410	2350
50	2"	2445	2345
75	3"	2490	2405
150	6"	2530	2435

Fuente: Método ACI 211

En este caso, un procedimiento más exacto para calcular la cantidad de volumen total desplazado por los componentes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se restan del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido

de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material.

**PASO 8: Ajustes por el contenido de humedad del agregado:** debe considerarse la humedad del agregado para que pueda pesarse correctamente. Por lo general, los agregados están húmedos, y su peso en seco habrá que incrementar el porcentaje de agua que contenga, tanto absorbida como superficial. El agua de mezclado que se agrega a la mezcla, debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

**PASO 9: Ajustes en la mezcla de prueba:** las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante de mezclas de prueba, fabricaciones y curados de muestras de concreto para pruebas a tensión y compresión en el laboratorio o por medio de mezclas reales en el campo. **Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba.** Deben verificarse el peso unitario y el rendimiento del concreto, así como el contenido de aire. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada y ausencia de segregación, así como las propiedades del acabado [ACI 211].

#### **Fabricación de mezcla y cilindros de concreto.**

Para la fabricación de la mezcla se utilizó una revolvedora con capacidad de 1 saco de cemento, teniendo separadas las porciones en lonas (previamente pesadas) necesarias para cada mezcla de acuerdo a las cantidades que indica el proporcionamiento, se procedió a realizar la mezcla, como lo indica la norma NMX-C-159-ONNCCE-2004 “Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.

Previamente se humedeció la revolvedora y se preparó con una revoltura de concreto para cubrir las paredes internas de la revolvedora esto con el resultado de compensar la pérdida de mortero de la revolvedora, apagada la revolvedora se introdujo todo el agregado grueso y una parte de la cantidad total de agua (aproximadamente la mitad), se dejó revolver durante un minuto, posteriormente se introdujo el agregado fino, el cemento y el resto del agua, se dejó revolver la mezcla

durante 3 minutos, pasando este tiempo, se paró la revolvedora y se dejó reposar otros 3 minutos, tapando con una bolsa para evitar la evaporación el agua, después se volvió a encender la revolvedora dejando mezclar durante 2 minutos, logrando así una mejor unión entre los materiales.

Para eliminar la segregación, se depositó el concreto mezclado por la revolvedora en una carretilla limpia y húmeda, se mezcló con la pala hasta obtener una apariencia uniforme.

Inmediatamente se inició con el llenado de los moldes y las pruebas de caracterización de concreto fresco, realizando el muestreo como lo indica la norma NMX-C-161-ONNCCE-199710

Se fabricaron 30 probetas cilíndricas lo más cerca posible al lugar de almacenaje de acuerdo a la norma NMX-C-159-ONNCCE-20042, se varilló adecuadamente el concreto en cada una de las 3 capas de aproximadamente de igual espesor, con 25 golpes cada capa, que se distribuyeron uniformemente a toda la sección transversal del molde y para cada capa superior, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm dentro de la capa inmediatamente inferior, después de compactar cada capa se golpeó ligeramente con el mazo de hule las paredes del molde para eliminar lo más posible las oquedades que deja la varilla, se procede al enrase dejando una superficie plana y uniforme, para evitar la evaporación del agua en los especímenes de concreto sin fraguar, se cubrió inmediatamente después de terminados con una bolsa impermeable.

La hipótesis planteada es la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por material de reciclaje: plástico, mejoraría la resistencia a compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Como objetivo general se busca determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por material de reciclaje: plástico en la ciudad de Huaraz - 2017.

Los objetivos específicos son los siguientes:

Identificar el tipo de polímero a través de la espectroscopia infrarroja FTIR al plástico (PET).

Determinar el PH del material de reciclaje: plástico (PET).

Determinar la relación agua-cemento de la muestra patrón y experimental.

Evaluar la resistencia a la compresión del concreto patrón con la sustitución del agregado grueso en un 10 y 15% por material de reciclaje: plástico en la ciudad de Huaraz, y comparar sus resultados.

Determinar el grado de relación y varianza de los resultados.



## II). METODOLOGÍA

La presente investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo, en la cual se aplicaron las nuevas tecnologías halladas en el diseño de mezcla que cumplieron con los estándares de calidad y normatividad. Ya que esto nos permitió utilizar material de reciclaje: plástico para fabricar probetas de concretos que cumplieron con las especiaciones de la Norma Técnica Peruana y las normas ASTM.

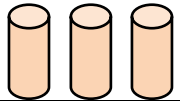
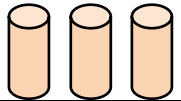
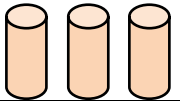
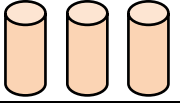
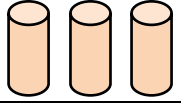
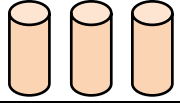
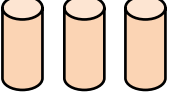
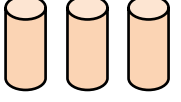
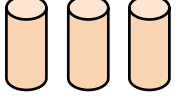
**Diseño de investigación:** El diseño de la presente investigación fue experimental, debido a que se manipulo el contenido del agregado grueso sustituyéndolo por el material de reciclaje para evaluar su efecto en la resistencia a la compresión del concreto. Para ello se tuvo un diseño en bloque completo al azar donde el gradiente de variabilidad está dado por los días de curado y los porcentajes de sustitución.

### Diseño de bloque completo al azar

Material de reciclaje: plástico.

TABLA N° 09

*Esquema del diseño experimental.*

Días de curado	Resistencia del concreto con la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico.		
	Patrón	10%	15%
07			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso a sustituido están comprendidos con que se encuentran en tamaño de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{8}$  respectivamente. Para el caso del concreto con la sustitución del 10% del

agregado grueso se usó 5.67 kg de plástico; mientras que para el concreto con la sustitución del 15% del agregado grueso se usó 8.51 kg de plástico.

**Población y muestra:**

**Población:** Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, material de reciclaje: plástico entre otros.

Los agregados grueso y fino se obtuvieron de la cantera de la localidad de Tacllan y los materiales de reciclaje: plástico de los principales puntos de venta de bebidas gaseosas de la ciudad de Huaraz.

**Muestra**

La muestra estuvo constituida por 27 probetas de concreto en su totalidad con un diseño de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . De los cuales 09 fueron probetas de concreto patrón (convencional) sin sustitución, 09 probetas de concreto con el 10% de sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico y 09 probetas de concreto con el 15% de sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico.

**Tabla N° 10**

*Técnicas e instrumentos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Guía de observación resumen. Fichas técnicas del laboratorio de los ensayos a realizar.

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de guía de observación, para la toma de los datos recolectados en el laboratorio. Las guías fueron tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

Ensayo Granulométrico para el agregado fino y agregado grueso

Ensayo de peso específico del agregado fino

Ensayo de peso específico del agregado grueso

Ensayo de peso unitario del agregado fino

Ensayo de peso unitario del agregado grueso

Contenido de humedad de los agregados

Diseño de mezcla

Elaboración de probetas

Ruptura de probetas

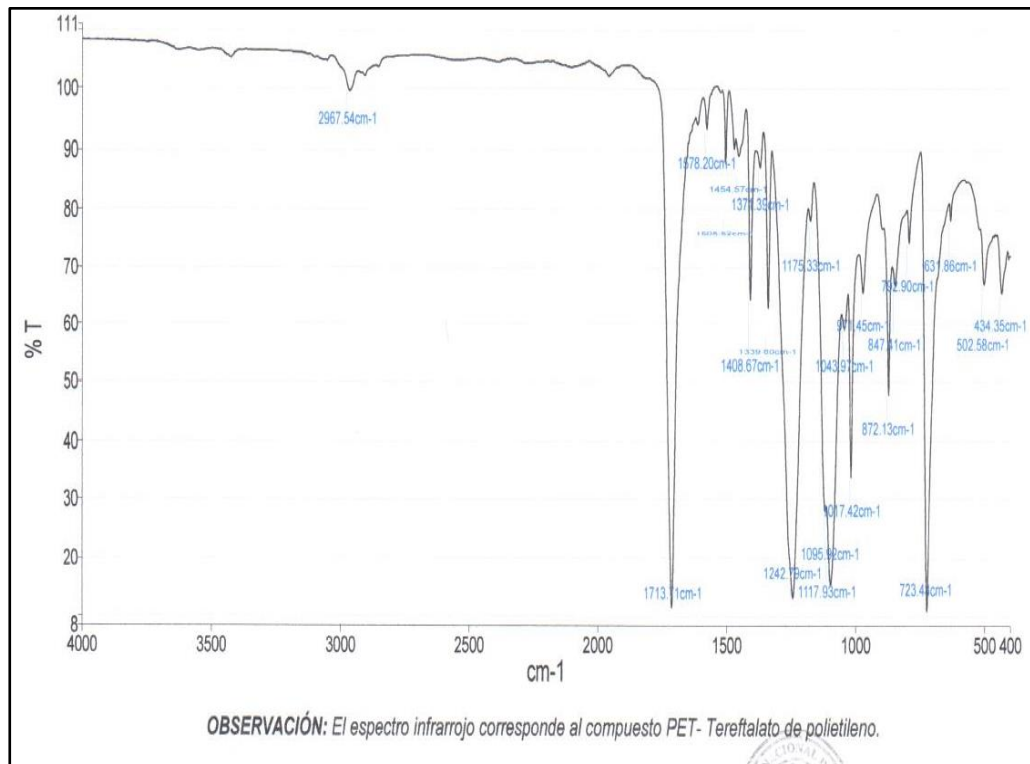
### **Procesamiento y análisis de la información.**

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue hecho en una hoja de cálculo Excel. Para realizar el análisis de los datos se tuvo en cuenta:

El cálculo de dosificación para el diseño de mezcla de concreto con la sustitución del 10% y 15% de agregado grueso por material de reciclaje: plástico.

Representación con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas, la prueba ANOVA para identificar las diferencias en las resistencias del concreto patrón y las experimentales.

### III. RESULTADOS



**Figura N° 01:** Identificación del tipo de polímero a través de las espectroscopias infrarrojas FTIR Al plástico (PET)

Observamos que los resultados del análisis realizado en el LABICER (Laboratorio N°12), de la Universidad Nacional de Ingeniería, indica que la muestra corresponde al compuesto PET – Tereftalato de polietileno

**TABLA N° 11***PH del material de reciclaje: Plástico PET*

Muestra	pH	Método de Referencia
Mezcla de plásticos laminados cortados	6.72	NTC 5264 (Adaptación)

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N° 11, observamos que el pH de la mezcla de plásticos laminados cortados (material de reciclaje) es de 6.72, lo cual indica que el material de reciclaje es ácido, esto es perjudicial para el concreto, al tener una reacción no favorable en cuanto a la alcalinidad del cemento.

**TABLA N° 12***Relación Agua – Cemento para las muestras: Patrón y experimentales*

Muestra	A/C
Concreto Patrón	
Concreto Experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico	0.56
Concreto Experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla observamos que la relación agua – cemento, se ha calculado teniendo en cuenta el método ACI para el diseño de mezclas; resultando el valor de 0.56 para el concreto patrón y para los concretos experimentales; ya que al realizar la prueba de cono de Abrams para el concreto patrón y los concretos experimentales, no se observó diferencias significativas en el slump.

**TABLA N° 13***Resistencias de los especímenes de concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*

<b>Ensayo N°</b>	<b>Edad en días</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Área cm</b>	<b>Carga de Ruptura</b>	<b>F'c Ruptura</b>	<b>F'c Proyecto</b>	<b>% Resistencia</b>
1	7	15.2	181.46	30250	166.70	210	79.38%
2	7	15.2	181.46	30180	166.32	210	79.20%
3	7	15.2	181.46	30230	166.59	210	79.33%
4	14	15.2	181.46	35570	196.02	210	93.34%
5	14	15.2	181.46	36180	199.38	210	94.95%
6	14	15.2	181.46	35840	197.51	210	94.05%
7	28	15.2	181.46	40260	221.87	210	105.65%
8	28	15.2	181.46	40350	222.37	210	105.89%
9	28	15.2	181.46	40280	221.98	210	105.70%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla n° 13, se observa las resistencias obtenidas por el concreto patrón a los 07, 14 y 28 días respectivamente; a los 07 días el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 166 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 79% de la resistencia proyectada; a los 14 días el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 196 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 93% de la resistencia proyectada; mientras que a los 28 días el concreto patrón tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 221 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 105% de la resistencia proyectada.

**TABLA N° 14**

*Resistencias de los especímenes de concreto experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico.*

<b>Ensayo N°</b>	<b>Edad en días</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Área cm</b>	<b>Carga de Ruptura</b>	<b>F'c Ruptura</b>	<b>F'c Proyecto</b>	<b>% Resistencia</b>
1	7	15.2	181.46	24990	137.72	210	65.58%
2	7	15.2	181.46	25120	138.43	210	65.92%
3	7	15.2	181.46	25100	138.32	210	65.87%
4	14	15.2	181.46	31440	173.26	210	82.51%
5	14	15.2	181.46	31200	171.94	210	81.88%
6	14	15.2	181.46	31380	172.93	210	82.35%
7	28	15.2	181.46	36140	199.16	210	94.84%
8	28	15.2	181.46	35940	198.06	210	94.32%
9	28	15.2	181.46	36180	199.38	210	94.95%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla n° 14, se observa las resistencias obtenidas por el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico, a los 07, 14 y 28 días respectivamente; a los 07 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 137 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 65% de la resistencia proyectada; a los 14 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 171 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 81% de la resistencia proyectada; mientras que a los 28 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión que esta sobre 198 kg/cm<sup>2</sup>, que representa al 94% de la resistencia proyectada.

**TABLA N° 15**

*Resistencias de los especímenes de concreto experimental  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico.*

<b>Ensayo N°</b>	<b>Edad en días</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Área cm</b>	<b>Carga de Ruptura</b>	<b>F'c Ruptura</b>	<b>F'c Proyecto</b>	<b>% Resistencia</b>
1	7	15.2	181.46	21840	120.36	210	57.31%
2	7	15.2	181.46	22120	121.90	210	58.05%
3	7	15.2	181.46	22020	121.35	210	57.79%
4	14	15.2	181.46	28120	154.97	210	73.79%
5	14	15.2	181.46	28180	155.30	210	73.95%
6	14	15.2	181.46	27980	154.20	210	73.43%
7	28	15.2	181.46	34540	190.35	210	90.64%
8	28	15.2	181.46	34450	189.85	210	90.41%
9	28	15.2	181.46	34670	191.06	210	90.98%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla n° 15, se observa las resistencias obtenidas por el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico, a los 07, 14 y 28 días respectivamente; a los 07 días el concreto experimental tiene una resistencia a la compresión que esta sobre  $120 \text{ kg/cm}^2$ , que representa al 57% de la resistencia proyectada, mientras que a los 14 días tiene una resistencia que esta **SOBRE**  $154 \text{ kg/cm}^2$ , que representa al 73% de la resistencia proyectada, finalmente a los 28 días tiene una resistencia que esta sobre los  $189 \text{ kg/cm}^2$ , que representa al 90% de la resistencia proyectada.



**TABLA N° 16**

*Resistencias promedio de los especímenes de concreto patrón y experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por material de reciclaje: plástico.*

Edad en días	Concreto		
	Patrón	Sustitución del 10% del agregado grueso	Sustitución del 15% del agregado grueso
07	166.54	138.16	121.20
14	197.64	172.71	154.82
28	222.07	198.87	190.42

Fuente: Elaboración Propia.

Los especímenes del concreto patrón en promedio a los 07 días tiene una resistencia a la compresión de 166.54 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 197.64 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 222.07 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los especímenes del concreto experimental con la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico en 10%; a los 07 días tiene una resistencia a la compresión promedio de 138.16 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 172.71 Kg/cm<sup>2</sup>; mientras que a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 198.87 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los especímenes del concreto experimental con la sustitución agregado grueso por material de reciclaje: plástico en 15%; a los 07 días tiene una resistencia promedio a la compresión de 121.20 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 154.82 Kg/cm<sup>2</sup>; mientras que a los 28 días llega a tener una resistencia promedio de 190.42 Kg/cm<sup>2</sup>.

Estos resultados indican que el concreto patrón supera a los concretos experimentales en cuanto a su resistencia a la compresión.

**TABLA N° 17**

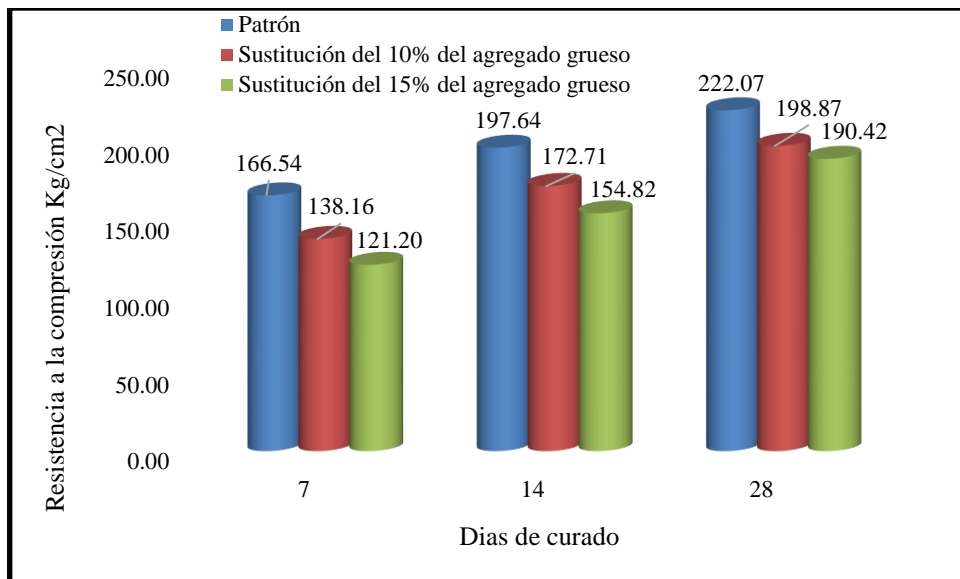
*Resistencias promedio de los especímenes de concreto patrón y experimental  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por material de reciclaje: plástico, expresado en porcentajes*

Edad en días	Concreto		
	Patrón	Sustitución del 10% del agregado grueso	Sustitución del 15% del agregado grueso
07	79.30%	65.79%	57.72%
14	94.11%	82.24%	73.72%
28	105.75%	94.70%	90.68%

Fuente: Elaboración Propia.

En la presente tabla observamos, las resistencias del concreto patrón y experimentales, expresados en porcentajes en los cuales se puede observar que el concreto patrón tiene mayor resistencia en los distintos días.

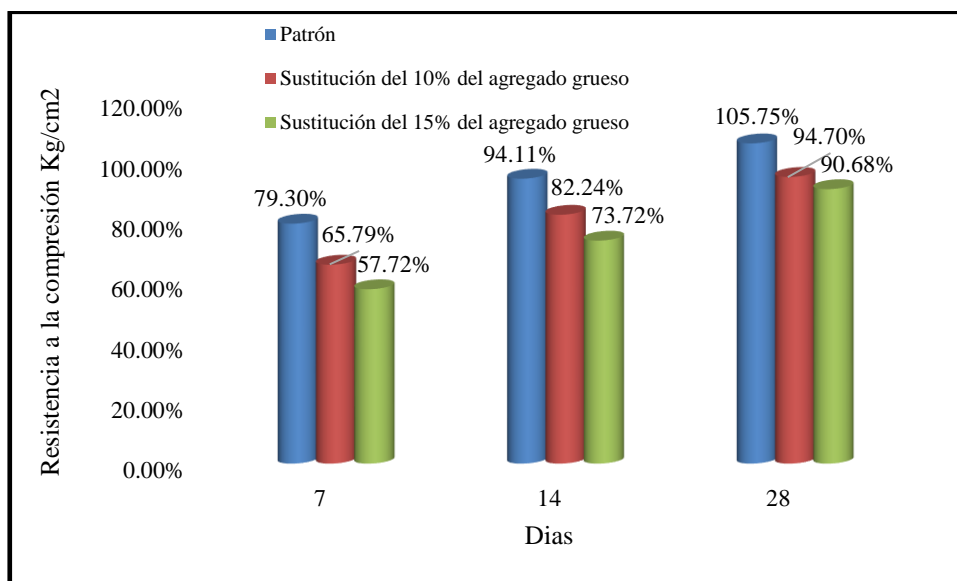
Así mismo el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en 10% por material de reciclaje: plástico supera en la resistencia a la compresión del concreto con la sustitución del agregado grueso en 15% por material de reciclaje: plástico.



**Figura N° 02:** Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales

En la figura, se aprecia las resistencias obtenidas por el concreto patrón y los concretos experimentales a los 07, 14 y 28 días. El concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en 10% y 15% por material de reciclaje: plástico.

En los días, que se han puesto a prueba las resistencias el concreto patrón obtiene mayores resistencias que los concretos experimentales, ya que al sustituir el agregado grueso por material de reciclaje: plástico, al disminuir su peso también disminuye considerablemente su resistencia a la compresión.



**Figura N° 03:** Evolución de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales, expresado en porcentajes respecto a la resistencia de diseño.

En la presente figura, se aprecian las resistencias obtenidas por el concreto patrón y experimentales a los 07, 14 y 28 días.

Al observar el bloque de las resistencias a la compresión de los especímenes a los 28 días, el concreto patrón supera la resistencia de diseño; mientras que los concretos experimentales no superan la resistencia proyectada.

**TABLA N° 18**

**Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Días de curado	5742.09	2	2871.05	197.82	0.00	6.94
Sustitución	2453.57	2	1226.79	84.53	0.00	6.94
Error	58.05	4	14.51			
Total	8253.72	8				

Fuente: Elaboración Propia.

Al observar los valores de la Probabilidad iguales a 0.00 podemos concluir con nivel de 5% de significancia que las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas por los especímenes de concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del 10% y 15% del agregado grueso por material de reciclaje: plástico son diferentes. Así mismo al comparar los valores de la Fcalculada y Fcrítico, tal como se puede ver en la presente Tabla ( $197.82 > 6.94$  y  $84.53 > 6.94$ ), indican que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales teniendo a consecuencia de los días de curado y también a raíz de las sustituciones del agregado grueso en 10% y 15% por material de reciclaje.

#### IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la relación a los objetivos de la presente investigación, tenemos lo siguiente:

Los resultados del análisis obtenido en el LABICER (Laboratorio N°12), de la Universidad Nacional de Ingeniería, indica que la muestra corresponde al compuesto PET – Tereftalato de polietileno.

El pH de la mezcla de plásticos laminados cortados (material de reciclaje) es de 6.72, lo cual indica que el material de reciclaje es ácido, esto es perjudicial para el concreto; ya que el pH del cemento está sobre 13 en promedio; porque al combinarse con los demás componentes del concreto baja la alcalinidad del concreto, Debido a que es un reactivo.

La relación agua – cemento, se calculó teniendo en cuenta el método ACI para el diseño de mezclas; resultado 0.56 para el concreto patrón y experimentales; este valor es único debido a que al realizar la prueba de cono de Abrams no se observó diferencias significativas en el slump; por lo que la relación agua-cemento no varió.

El concreto patrón tiene una resistencia a la compresión mayor en 10.45% en comparación con el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje; mientras que el concreto experimental con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje está por debajo de la resistencia del concreto patrón en 14.25%, esto debido a que el pH del material de reciclaje es ácido, y esto perjudica al concreto en su conjunto, además que el plástico no se adhiere al concreto perjudicando la resistencia a la compresión del mismo.

En cuanto al grado de relación y varianza de los resultados, existen diferencias significativas estadísticamente entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales teniendo a consecuencia de los días de curado y también a raíz de las sustituciones del agregado grueso en 10% y 15% por material de reciclaje.

Reyna (2016), analizó los efectos de la reutilización de los residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materia prima en la elaboración de concreto, encontrando que el concreto conteniendo plástico PET al 5% en peso como la resistencia más óptima. La tendencia que se pudo observar es que la resistencia a la

compresión del concreto conteniendo los residuos disminuye conforme se aumenta el % en peso de los residuos.

Al realizar la comparación respectiva con los resultados de la presente investigación, se puede encontrar una similitud debido a que la resistencia a la compresión disminuye conforme aumenta el porcentaje en peso del material de reciclaje: plástico.

## V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

El material de reciclaje: plástico, corresponde al compuesto PET: Tereftalato de polietileno.

El pH del material de reciclaje: plástico, indica que es un material ácido, lo cual en cuanto a su uso en el concreto es perjudicial; ya que al producirse la reacción química entre el cemento que tiene un pH de 13 en promedio, se ve afectado en las características del concreto.

La relación agua – cemento, para el concreto patrón y experimentales teniendo en cuenta la resistencia es de 0.56, este valor no varía debido a que se obtiene mezclas de consistencia fluida tanto en el concreto patrón y experimentales.

Las resistencias a la compresión evaluadas en los días correspondientes, se obtuvo que el concreto patrón tiene mayor resistencia que los concretos experimentales, así mismo se observa que al aumentar el porcentaje en peso del material de reciclaje: plástico la resistencia a la compresión del concreto disminuye, debido a pH del plástico y a la segregación que ocurre en la mezcla del concreto con el plástico.

El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas estadísticamente en las resistencias del concreto patrón y experimentales debido a la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico y a los días de curado, ya que el valor de la probabilidad es igual a 0.00 y que el valor de la  $F_{cal} > T_{teórico}$ ; los cuales indican que las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales son diferentes entre sí.

Se considera las siguientes recomendaciones:

Se puede mejorar los resultados de las resistencias del concreto con la sustitución del agregado grueso por material de reciclaje: plástico tomando en cuentas porcentajes menores a los tomados en la presente investigación.

Seguir utilizando los agregados de la cantera de Tacllan, debido que producen concretos que alcanzan resistencias a la compresión proyectada.



Realizar la sustitución del agregado fino por material de reciclaje; ya que al tener sus partículas de menor dimensión podrían mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

## **VI).AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a mis padres quienes con amor y dedicación me dieron todo lo que estuvo a su alcance para que mi persona sea profesional.

A todas las personas que me ayudaron en el desarrollo y culminación de esta investigación y de una manera muy especial mi asesor el Ing. Gumercindo Flores Reyes.

## VII). REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, F. (2007). Tecnología del Concreto. 2° edic. Perú: San Marcos.

Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. 3° edic. Perú: San Marcos.

Alegre, J. & Alejandro, G. (2014). Resistencia a la compresión de una mezcla de concreto para pavimento rígido con una sustitución parcial del vidrio reciclado por cemento.

ASTM C-127. (2004). Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c127>

ASTM C 136-06. (2005). Análisis granulométrico del agregado fino según los requisitos físicos de gradación. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/276047132/ASTM-C-136-06-pdf>

ASTM C 150. (2015). Especificación Normalizada para Cemento Portland. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisCM3/astm-c150>

ASTM D-2216. (2010). Contenido De Humedad Agregado Fino. Recuperado de <https://prezi.com/uhr7gilisqrg/contenido-de-humedad-astm-d2216/>

Cerón et al (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la ciudad de Mérida. “Boletín académico FIUADY,” (México), (31), p. 27

Céspedes, M. (2003). Resistencia a la Compresión del Concreto A partir de la Velocidad de Pulsos de Ultrasonido, Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú.

Díaz L. (1996). Optimización de los agregados para concreto. “Construcción y tecnología,” (México), 9 (100), p.30.

Frías, M. & Vegas, I. (2010). Nuevos materiales ecoeficientes a partir de residuos de la industria papelera como adiciones activas para la fabricación de cementos portland. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46568/1/Capitulo%20de%20libro%20Final.pdf>

- García, E. (2013). Estudio de factibilidad bloques de hormigón con agregado de residuo plástico abs. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana.
- Harmsen, E. (2005). Diseño de estructuras de concreto. 4ta ed. Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica.
- Hernández, B. (2011). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas. Universidad San Carlos, Guatemala. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46568/1/Capitulo%20de%20libro%20Final.pdf>
- Mather, R. & Ozyildirim, H. (2004). “Diseño y control de mezclas de concreto,” IMCYC, México, 1992, pp. 32-34
- Mejía, V. (2017). Resistencia del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la sustitución del cemento en un 3 y 6% por arcilla de paria – Huaraz.
- Neville, A. (1999). Tecnología del Concreto, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- NTP 334.051. (2013). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.
- NTP 334.057. (2002). Determinación de la fluidez de pastas de mortero. Recuperado de: <https://documents.tips/documents/ntp-334057-2002.html>
- NTP 339.088. (2004). Requisitos de calidad del agua para el concreto. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de:

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)

NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Osorio, G. (1996). Aggregates and the deformation properties of concrete. "ACI Materials journal," (U.S.A.), 93 (6), p. 576.

Reyna, P. (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.

Rivera, G (2011). Concreto Simple, Colombia: Universidad del Cauca.

Rivva, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.

Sánchez, D., (2001), "Tecnología Del Concreto Y Del Mortero", Colombia: Bhandar Editores.

Serrano, T. (2010). El control de calidad en los agregados para concreto 3a parte. "Construcción y tecnología," (México), (40), p. 34.

## VIII). ANEXOS Y APÉNDICES

### Panel fotográfico.



Foto N<sup>o</sup> 01: Peso de la muestra para determinar su contenido de humedad.



Foto N<sup>o</sup> 02: Realizando la granulometría del agregado fino.



Foto N° 03: Tomando datos para determinar el peso unitario del agregado grueso.



Foto N° 04: Procedimiento para determinar el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.



Foto N<sup>o</sup> 05: limpiando los cilindros para preparar las probetas.



Foto N<sup>o</sup> 06: Echando petróleo en los cilindros.





Foto N<sup>a</sup> 07: La mezcladora para preparar las probetas.



Foto N<sup>a</sup> 08: Segregación del concreto con sustitución del agregado grueso por material de reciclaje; plástico.



Foto N<sup>o</sup> 09: Preparación del concreto.



Foto N<sup>o</sup> 10: Concreto en los cilindros.



Foto N<sup>o</sup> 11: Acondicionando la probeta para la prueba de resistencia a la compresión.



Foto N<sup>o</sup> 12: prueba de compresión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS

LABICER (Laboratorio N° 12)  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



**INFORME TÉCNICO N° 1819 – 17 – LAB. 12**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 RAZON SOCIAL : JARA DOMINGUEZ MANUEL IGNACIO
  - 1.2 D.N.I. : 42954845
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 06 / 12 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 14 / 12 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 14 / 12 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ENSAYOS EN PLÁSTICO
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 01 MUESTRA DE PLÁSTICO (Mezcla de plásticos laminados cortados, ver Anexo- Figura N°1).
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.0°C; Humedad relativa: 64%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrofotómetro Infrarrojo con Transformadas de Fourier FTIR. SHIMADZU, IR PRESTIGE-21.
8. RESULTADOS
  - 8.1 IDENTIFICACIÓN DE POLÍMERO

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DEL POLÍMERO <sup>(2)</sup>	MÉTODO UTILIZADO
Plástico azulado <sup>(1)</sup>	Tereftalato de polietileno (PET)	Espectroscopia Infrarroja FTIR
Plástico transparente <sup>(1)</sup>	Tereftalato de polietileno (PET)	

<sup>(1)</sup> Ver Figura N°1 en Anexos.

<sup>(2)</sup> Ver Espectros Infrarrojo en Anexos.

8.2 DETERMINACIÓN DE pH

MUESTRA	pH (1:5)	MÉTODO DE REFERENCIA
Mezcla de plásticos laminados cortados <sup>(1)</sup>	6.72	NTC 5264 (Adaptación)

<sup>(1)</sup> Ver Figura N°1 en Anexos.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
Bach. Nadia Rodriguez  
Analista Químico  
LABICER – UNI

  
M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Jefa de Laboratorio  
Responsable de Análisis  
CQP 202

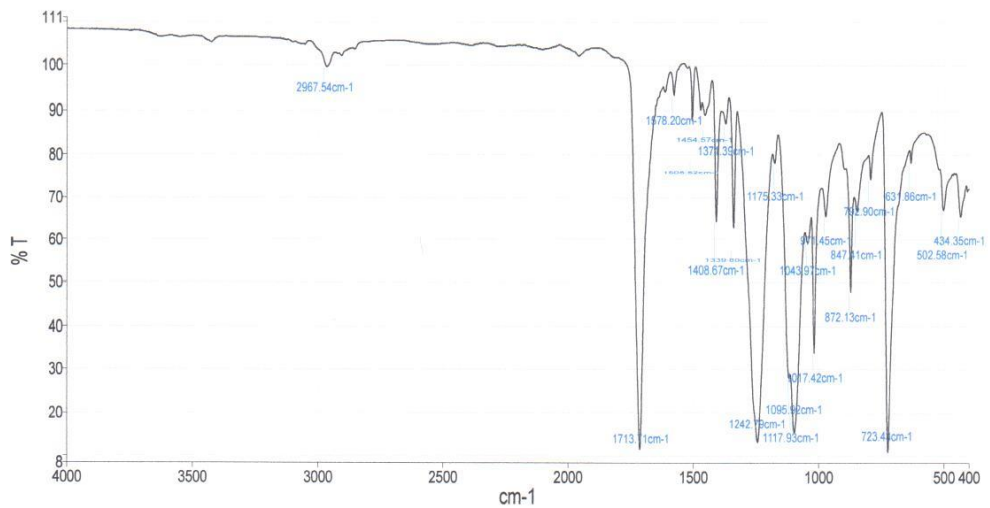
(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO

FIGURA N°1. Muestra de plástico

MUESTRA	MUESTRA ANALIZADA POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA
 Mezcla de plásticos laminados cortados.	 Plástico azulado
	 Plástico transparente

FIGURA N°2. Espectro infrarrojo de la muestra Plástico azulado



OBSERVACIÓN: El espectro infrarrojo corresponde al compuesto PET- Tereftalato de polietileno.



FIGURA N°3. Comparación entre los espectros infrarrojos de la muestra de plástico azulado y el estándar de PET

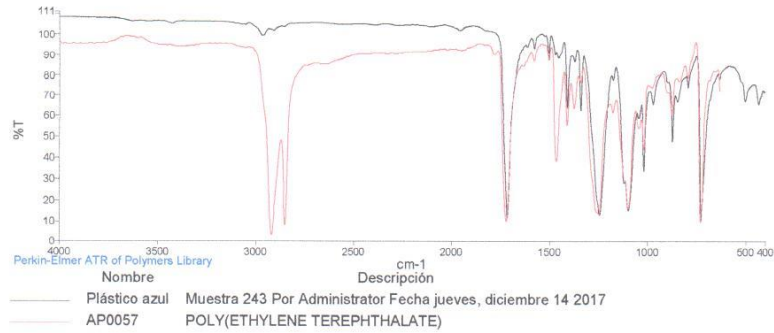
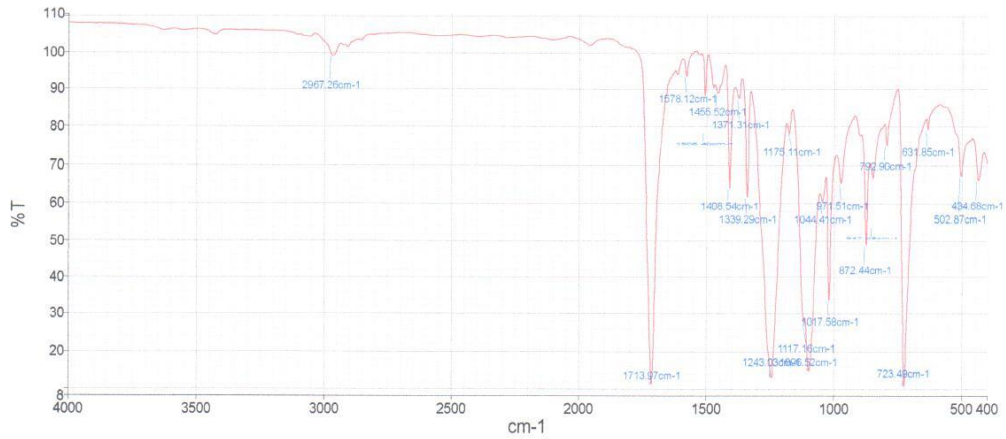
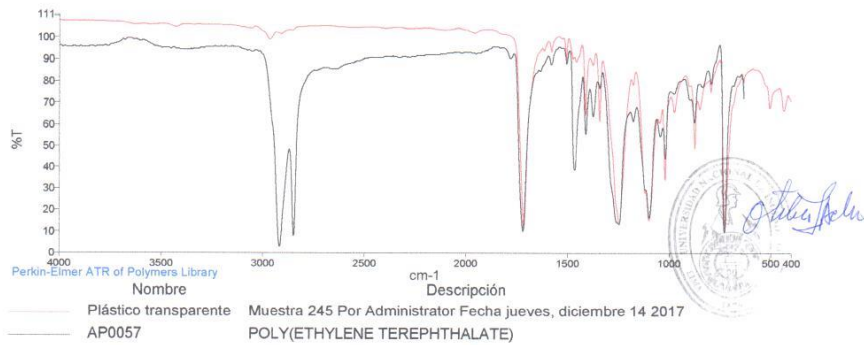


FIGURA N°4. Espectro infrarrojo de la muestra Plástico azulado



OBSERVACIÓN: El espectro infrarrojo corresponde al compuesto PET- Tereftalato de polietileno.

FIGURA N°5. Comparación entre los espectros infrarrojos de la muestra de plástico transparente y el estándar de PET





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
TESIS	:	"Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"		
SOLICITA	:	Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio		
DISTRITO	:	HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	:	HUARAZ	FECHA	: 27/11/2017
PROG (KM.)	:		ASESOR	
DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	:			
MUESTRA	:	AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO		
PROF. (m)	:			
AGREGADO GRUESO				
Nº TARRO		1	2	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1474.1	1459.5	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1467.4	1453.3	
PESO DE AGUA	(g)	6.70	6.20	
PESO DEL TARRO	(g)	81.80	79.6	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1385.60	1373.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.48	0.45	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.47
AGEGRADO FINO				
Nº TARRO		8	28	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1049.9	1013.9	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1014.6	980.1	
PESO DE AGUA	(g)	35.30	33.80	
PESO DEL TARRO	(g)	165.70	165.0	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	848.90	815.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.16	4.1	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			4.15



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

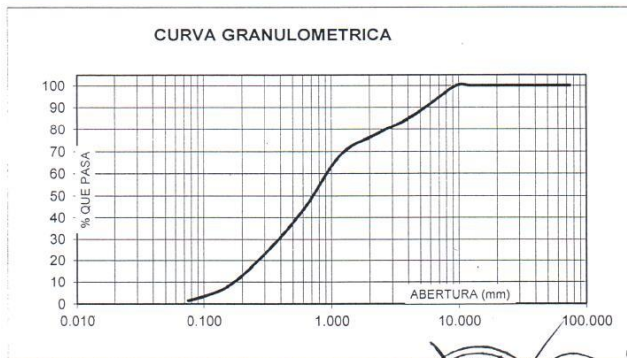
SOLICITA : **Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio**  
 TESIS : "Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 27/11/2017 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1922.6
PESO SECO LAVADO	1894.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	28.10

TAMIZ	PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO
3"	75.000	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	238.50	12.41	87.59
N° 8	2.360	177.50	9.23	78.36
N° 16	1.180	189.50	9.86	68.51
N° 30	0.600	481.00	25.02	43.49
N° 50	0.300	392.50	20.42	23.07
N° 100	0.150	297.50	15.47	7.60
N° 200	0.075	118.00	6.14	1.46
PLATO		28.10	1.46	0.00
TOTAL		1922.60	100.00	

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4  
 MODULO DE FINEZA : 2.91  
 HUMEDAD : 4.15%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 GEOLÓGICO MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 118544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

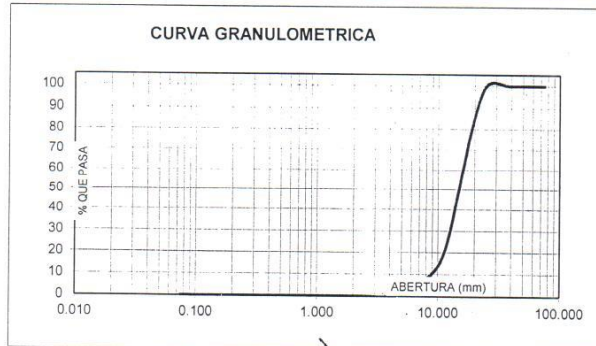
**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

SOLICITA : **Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio**  
 TESIS : "Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 27/11/2017 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	9460
PESO SECO LAVADO	9460.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO
3"	75.000			
2 1/2"	63.000			
2"	50.000			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	1860.00	19.66	80.34
1/2"	12.500	4872.50	51.51	28.83
3/8"	9.500	1608.00	17.00	88.17
Nº 4	4.750	1053.00	11.13	99.30
Nº 8	2.360	66.50	0.70	100.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00
PLATO		0.00	0.00	100.00
TOTAL		9460.00	100.00	0.00

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 MODULO DE FINEZA : 7.07  
 HUMEDAD : 0.47%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio**  
 TESIS : "Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : **AGREGADO FINO**  
 FECHA : 27/11/2017

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de frasco+ agua  
 C = A + B : Peso frasco + agua +material  
 D : Peso de material+agua en el frasco  
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio  
 F : Peso Material seco en horno  
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) :  $((A-F/F) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

300.0		
678.3		
978.3		
864.7		
113.6		
294.7		
-108.30		
1.80		
1.80		

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

**PROMEDIO**

2.59		
2.64		
-2.72		

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.59		
2.64		
-2.72		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 LOS MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 115544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - **Bolognesi** Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - **Nuevo Chimbote** D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - **San Luis** Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio  
 TESIS : "Resistencia a la compresion del Concreto de F'c = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : TACLLAN  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
 FECHA : 27/11/2017

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

1050.7	1073.3	1031.9
859.2	675.3	749.9
191.5	398.0	282.0
1043.5	1065.7	1024.7
184.3	390.4	274.8
0.69	0.71	0.70
0.702		

ABSORCION (%) :  $((A-D)/D) \times 100$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO		
5.45	2.68	3.63
5.49	2.70	3.66
5.66	2.73	3.73

### PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

3.92
3.95
4.04



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 115544  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio

**TESIS :** "Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm<sup>2</sup> Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** TACLLAN

**MATERIAL :** AGREGADO FINO

**FECHA :** 27/11/2017

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7722	7698	7753
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4302	4278	4333
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1550	1541	1561
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1551 Kg/m<sup>3</sup></b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8244	8187	8225
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4824	4767	4805
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1738	1717	1731
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1729 Kg/m<sup>3</sup></b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENGAÑO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Jara Dominguez, Manuel Ignacio

**TESIS :** "Resistencia a la compresion del Concreto de F'C = 210 Kg/cm2 Elaborado con Material de Reciclaje : Plastico - Huaraz - 2017"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** TACLLAN

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

**FECHA :** 27/11/2017

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27435	27800	27630
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	19964	20329	20159
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1455	1481	1469
<b>Peso unitario prom.</b>	1468 Kg/m3		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	28785	28760	28740
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	21314	21289	21269
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1553	1551	1550
<b>Peso unitario prom.</b>	1551 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENGENYERIA DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**Tabla N° 19***Contenido de humedad del Agregado Fino ASTM D 216-71 (Agregado fino)*

<b>Ítem</b>	<b>Resultado</b>	
Número del Recipiente	<b>8</b>	<b>28</b>
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1049.90	1013.90
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1014.60	980.10
Peso del Recipiente	165.70	165.00
Peso del Agua	35.30	33.80
Peso del Suelo Seco	848.90	815.10
Humedad	4.16	4.15
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>4.15</b>	

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

El contenido de humedad del agregado fino es en promedio 4.15, el cual influye en la cantidad de agua en el diseño de mezcla para preparar el concreto en la fabricación de las probetas.

**Tabla N° 20***Contenido de humedad del agregado grueso ASTM D 216-71 (Agregado grueso)*

<b>Ítem</b>	<b>Resultado</b>	
Número del Recipiente	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1474.10	1459.50
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1467.40	1453.30
Peso del Recipiente	81.10	79.60
Peso del Agua	6.70	6.20
Peso del Suelo Seco	1386.30	1373.70
Humedad	0.48	0.45
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>0.47</b>	

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

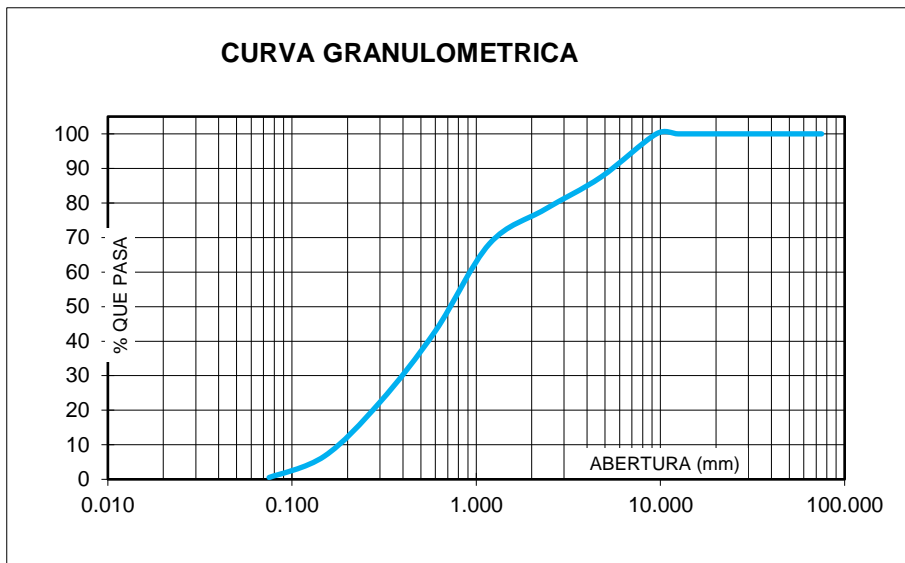
El contenido de humedad del agregado grueso es mucho menor que del agregado fino, esto se debe al tamaño de las partículas.

**Tabla N° 21***Granulometría del Agregado Fino*

No	TAMIZ ABERT. (mm.)	PESO	%		% QUE PASA
		RETEN. (gr)	RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	238.50	12.52	12.52	87.48
N° 8	2.360	177.50	9.32	21.84	78.16
N° 16	1.180	189.50	9.95	31.79	68.21
N° 30	0.600	481.00	25.26	57.05	42.95
N° 50	0.300	392.50	20.61	77.66	22.34
N° 100	0.150	297.50	15.62	93.28	6.72
N° 200	0.075	118.00	6.20	99.47	0.53
PLATO		10.00	0.53	100.00	0.00
TOTAL		1904.50	100.00		
<b>MODULO DE FINEZA</b>		<b>2.9</b>			

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

A través del tamizado por las mallas se realiza el análisis granulométrico que consiste en obtener la cantidad de material que pasa por las distintas mallas, con los cuales se determina el módulo de fineza que en este caso es de 2.90 lo cual indica que el material corresponde al agregado fino.



**Figura N° 04:** *Curva granulométrica del agregado fino*

El presente gráfico, nos muestra la granulometría del agregado fino el cual cumple con las especificaciones de la NTP, y se encuentra dentro de los límites establecidos lo cual indica que es adecuado su uso en la elaboración del concreto.

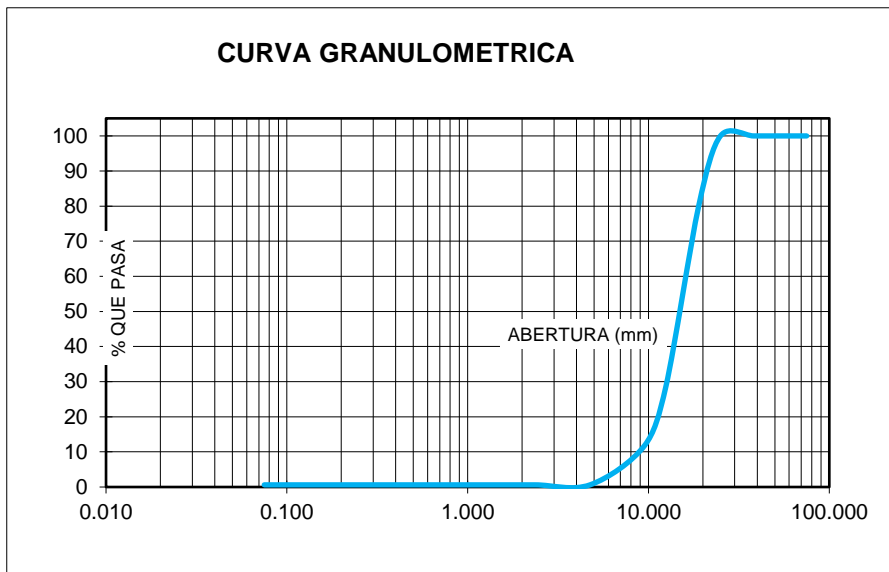


**Tabla N° 22***Granulometría del Agregado Grueso*

No	TAMIZ ABERT. (mm.)	PESO	%		% QUE
		RETEN. (gr)	RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	1860.00	19.68	19.68	80.32
1/2"	12.500	4872.50	51.55	71.23	28.77
3/8"	9.500	1608.00	17.01	88.25	11.75
N° 4	4.750	1053.00	11.14	99.39	0.61
N° 8	2.360	0.00	0.00	99.39	0.61
N° 16	1.180	0.00	0.00	99.39	0.61
N° 30	0.600	0.00	0.00	99.39	0.61
N° 50	0.300	0.00	0.00	99.39	0.61
N° 100	0.150	0.00	0.00	99.39	0.61
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.39	0.61
PLATO		58.00	0.61	100.00	0.00
TOTAL		9451.50	100.00		
MODULO DE FINEZA		7.75			

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

Mediante el análisis granulométrico que se muestra en la presente tabla se puede observar que los datos corresponden a un agregado grueso; además el hecho de que contiene pocos gruesos, lo cual se debe principalmente a la forma alargada de los mismos al tratarse de piedra chancada, el tamaño máximo del agregado que retuvo la malla es el de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.



**Figura N° 05: Curva Granulométrica del agregado grueso**

En el presente gráfico, observamos la granulometría del agregado grueso el cual cumple con las especificaciones de la NTP, y se encuentra dentro de los límites establecidos; lo cual indica que su uso es adecuado para la preparación de las probetas de concreto.

**Tabla N° 23**

*Gravedad específica y absorción del agregado fino*

AGREGADO FINO		20
Identificación		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	300
B	Peso del Agua + Frasco	678.3
C	Peso Frasco + Agua	978.3
D	Peso del Mat. + Agua en el frasco	864.7
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacío	113.6
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	294.7
G	Vol. De Masa	108.3
	Pe Bulk (Base Seca)	2.594
	Pe Bulk (Base Saturada)	2.641
	Pe Aparente (Base Seca)	2.721
	% de Absorción	1.80%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

En la presente tabla, observamos el peso específico (base seca = 2.594), peso específico (base saturada = 2.641) y peso específico aparente (base seca = 2.721) y el porcentaje de la absorción promedio del agregado fino que es 1.80%.

**Tabla N° 24**

*Gravedad específica y absorción del agregado grueso.*

AGREGADO GRUESO					
Identificación	41	47	48		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	859.2	675.3	749.9	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1050.7	1073.3	1031.9	
C	Vol. De Masas / Volumen de Vacíos	191.5	398	282	
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	1043.5	1065.7	1024.7	
E	Vol. De Masas	375.8	788.4	556.8	Promedio
	Pe Bulk (Base Seca)	5.45	2.68	3.63	3.92
	Pe Bulk (Base Saturada)	5.49	2.70	3.66	3.95
	Pe Aparente (Base Seca)	2.78	1.35	1.84	1.99
	% de Absorción	0.69%	0.71%	0.70%	0.70%
	% de Absorción Promedio	0.70%			

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

En la presente tabla, observamos el peso específico (base seca = 2.92), peso específico (base saturada = 2.95) y peso específico aparente (base seca = 1.99) y el porcentaje de la absorción promedio del agregado grueso que es 0.70%.

**Tabla N° 25**

*Peso unitario del agregado fino*

TIPO DE PESO						
UNITARIO - Agregado Fino	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde	7722	7698	7753	8244	8187	8225
Peso del Molde	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso del Material	4302	4278	4333	4824	4767	4805
Volumen del molde	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso Unitario	1.550	1.541	1.561	1.738	1.717	1.731
Promedio	1.551			1.729		

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

En la presente tabla, se observa el peso unitario del agregado fino, su peso unitario varillado es mucho mayor que el peso unitario suelto, esto se debe al tamaño de sus partículas al ir aplicando las chuseadas se van acomodando en el recipiente que las contiene.

**Tabla N° 26**

*Peso unitario del agregado grueso*

TIPO DE PESO						
UNITARIO -Agregado Grueso	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde	27435	27800	27630	28785	28760	28740
Peso del Molde	7471	7471	7471	7471	7471	7471
Peso del Material	19964	20329	20159	21314	21289	21269
Volumen del molde	13724	13724	13724	13724	13724	13724
Peso Unitario	1.455	1.481	1.469	1.553	1.551	1.550
Promedio	1.468			1.551		

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

## Diseño De Mezcla – Método ACI 211

**Tabla N° 27**

*Datos para el diseño de mezcla*

Datos	Agregado	
	Fino	Grueso
Peso Unitario Suelto Kg/m <sup>3</sup>	1551	1468
Peso Unitario Compactado Kg/m <sup>3</sup>	1729	1551
Peso Específico Kg/m <sup>3</sup>	2721	1990
Módulo de Fineza	2.9	
Tamaño máximo		3/4"
% de Absorción	1.80	0.70
% de Humedad	4.15	0.47
Peso Específico - Cemento gr/cm <sup>3</sup>		3.15
Peso Específico - Agua Kg/m <sup>3</sup>		1000
F'c		210

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos del laboratorio USP.

Para realizar el diseño de mezcla se siguen los pasos siguientes pasos.

1. Resistencia requerida promedio:

$$f'_{cr} = 210 + 84 = 294$$

2. Slump (Según la Tabla N° 04)

$$\Delta = 2''$$

3. Tamaño Máximo Nominal.

$$TMN = 3/4''$$

4. Contenido de aire.

$$\text{Contenido de aire} = 1.5\%$$

5. Contenido de agua (Según la Tabla N° 05)

$$\text{Contenido de agua} = 190 \text{ litros}$$

6. Relación Agua – Cemento A/C

$$A/C = 0.56$$

7. Cantidad de cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{190}{0.56} = 339.28 \text{ kg.}$$

$$\text{Vol. (Cemento)} = \frac{339.28}{3.15 * 1000} = 0.108m^3$$

8. Cantidad de Agregado Grueso (Piedra Chancada).

$$\text{Agregado Grueso} = 0.61 * 1551 = 946.32 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. (Agregado Grueso)} = \frac{946.32}{1990} = 0.476 \text{ m}^3$$

9. Cantidad de Agregado Fino.

$$\text{Vol. (Agregado Fino)} = 1 - (0.010 + 0.190 + 0.108 + 0.476) = 0.217 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 0.217 * 2721 = 589.56 \text{ kg}$$

**Tabla N° 28**

*Datos de diseño*

Descripción	Unidad	Cantidad
Cemento	Kg	339.286
Agregado Fino	Kg	589.555
Agregado Grueso	Kg	946.321
Agua	Litros	190.000

Fuente: Elaboración Propia.

10. Corrección por Humedad.

$$\text{Agregado Fino} = 589.56x \left( \frac{4.15}{100} + 1 \right) = 614.04 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 946.32x \left( \frac{0.47}{100} + 1 \right) = 974.74 \text{ kg}$$

11. Humedad superficial.

$$\text{Agregado fino} = 4.15 - 1.80 = 2.35 \text{ (Aporta agua)}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.47 - 0.70 = -0.23 \text{ (Requiere Agua)}$$

12. Aporte de agua a la mezcla.

$$\text{Agregado Fino} = 2.35x \left( \frac{589.56}{100} \right) = 13.88 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado Grueso} = -0.23x \left( \frac{946.74}{100} \right) = -2.22 \text{ lt}$$

$$\text{Aporte de Agua} = 13.88 + (-2.22) = 11.66 \text{ lt (Aporta Agua)}$$

13. Cantidad de Agua Efectiva.

$$\text{Agua Efectiva} = 190 - 11.66 = 178.34 \text{ lt}$$

**Tabla N° 29***Proporcionamiento de diseño.*

PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO						
Descripción	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	Total	Unidad
Factor	339	614.037	950.743	178.341	2082	M3
1/320	1	1.810	2.802	0.526	6	Proporción
42.5	42.5	76.916	119.093	22.340	6	Pies3

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 30***Cantidad de materiales para el concreto patrón (09 probetas)*

Calculo de la cantidad de Materiales para las Probetas			
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
20.24	36.62	56.70	10.64

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 31***Cantidad de materiales para el concreto experimental (con la sustitución del agregado grueso en un 10% por material de reciclaje: plástico)*

Calculo de la cantidad de Materiales para las Probetas				
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Plástico	Agua
20.24	36.62	51.03	5.67	10.64

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 32***Cantidad de materiales para el concreto experimental (con la sustitución del agregado grueso en un 15% por material de reciclaje: plástico)*

Calculo de la cantidad de Materiales para las Probetas				
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Plástico	Agua
20.24	36.62	48.20	8.51	10.64

Fuente: Elaboración Propia.